UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TESIS

"DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES EN EL TUBÉRCULO DEL OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*)"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

Bach. Araceli Eulogia HUAYLLA RAMÍREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

HUANCAVELICA, PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria de "Común Era", de la Facultad de Ciencias Agrarias, se llevó a cabo la sustentación por vía virtual y cuyo link es: meet.google.com/hyc-wgyc-cau, el 29 de diciembre de 2021 a horas 11:00 am., donde se reunieron los miembros del jurado calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente : Mtro. Alfonso RUIZ RODRIGUEZ
Secretario : Mg. Jovencio TICSIHUA HUAMAN
Vocal : Mtro. Franklin ORE ARECHE

Designado con Resolución N° 120-2021-D-FCA-UNH (29-10-2021), del proyecto de investigación titulado: "DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES EN EL TUBÉRCULO DEL OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*)".

Cuyo autor es la graduada:
BACHILLER : Araceli Eulogia HUAYLLA RAMIREZ

ASESOR : Mtro. Franklin ORE ARECHE

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación virtual del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación se invitó al público presente y al sustentante abandonar la plataforma virtual, y luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO [X] POR **UNANIMIDAD**

DESAPROBADO [ ]

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

Mtro. Alfonso RUIZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE

Mg. Jovencio TICSIHUA HUAMAN
SECRETARIO

Mtro. Franklin ORE ARECHE
VOCAL

Titulo

“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES EN EL TUBÉRCULO DEL OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*)”

Autor

Bach. Araceli Eulogia HUAYLLA RAMIREZ

Asesor

Mtro. Franklin ORE ARECHE

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón a mi hija Yira Valeria Jiménez Huaylla, por ser mi motivación y mi fuerza, eres mi mayor tesoro y mi fuente de inspiración.

Agradecimiento

Mis más sinceros agradecimientos a:

A la Universidad Nacional de Huancavelica, por formar profesionales con conocimientos y distintas habilidades, capaces de solucionar problemas en bien de nuestra sociedad.

A mi Asesor de tesis el Mtro. Franklin Ore Areche, por su paciencia interminable y gracias a sus valorables apreciaciones en el momento oportuno, quien supo definir el rumbo de esta investigación, Además, quiero agradecerle por esa amistad, por los constantes consejos para seguir con la tesis.

A todos mis docentes, quienes impartieron sus conocimientos, durante los 5 años de estudios universitarios.

A mis adorables padres Valerio Huaylla Tapiaza y Soledad Ramírez Ñañez por forjar mi camino con valores y virtudes, por sus consejos y apoyo incondicional.

A mis hermanos por su incondicional cariño y apoyo.

Tabla de contenido

Acta de sustentación ii
Titulo iii
Autor iv
Asesor v
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Resumen xiii
Abstract xiv
Introducción xv
CAPÍTULO I 16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16
1.1. Descripción del problema 16
1.2. Formulación del Problema 16
1.2.1. Problema general 16
1.2.2. Problemas específicos 16
1.3. Objetivos 17
1.3.1. Objetivo general 17
1.3.2. Objetivo especifico 17
1.4. Justificación 17
1.5. Limitaciones 18
CAPÍTULO II: 19
MARCO TEÓRICO 19
2.1. Antecedentes 19
2.1.1. Antecedentes internacionales 19
2.1.2. Antecedentes nacionales 21
2.2. Bases teóricas 25
2.2.1. Olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) 25
2.2.1.1. Clasificación 26
2.2.1.2. Características morfológicas 27
2.2.1.3. Taxonomía 29

2.2.1.4. Variedades de olluco 29
2.2.1.5. Uso 30
2.2.1.6. Composición química 30
2.2.2. Capacidad antioxidante 32
2.2.2.1. Método ABTS (2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) 35
2.2.2.2. Método FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) 36
2.2.2.3. Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) 38
2.3. Marco conceptual 39
2.4. Definición de términos 39
CAPÍTULO III: 41
MATERIALES Y MÉTODOS 41
3.1. Ámbito temporal y espacial del estudio 41
3.1.1. Ámbito temporal 41
3.1.2. Ámbito espacial 41
2.4.1.1. Ubicación política 41
2.4.1.2. Ubicación geográfica 41
3.2. Tipo de investigación 41
3.3. Nivel de investigación 41
3.4. Método de investigación 42
3.5. Diseño de investigación 42
3.5.1. Análisis químico proximal 42
3.5.2. Análisis fisicoquímico 42
2.4.1.3. Determinación la capacidad antioxidante 42
2.4.1.4. Determinación de Polifenoles Totales 43
3.6. Población, muestra y muestreo 44
3.6.1. Población 44
3.6.2. Muestra 44
3.6.3. Muestreo 44
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 44
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 45
CAPÍTULO IV 46

DISCUSIÓN DE RESULTADOS 46
4.1. Resultados 46
4.1.1. Análisis químico proximal 46
4.1.2. Análisis fisicoquímico 46
4.2. Discusiones 47
4.2.1. Químico proximal 47
4.2.2. Fisicoquímico 48
Conclusiones 50
Recomendaciones 51
Referencia bibliográfica 52
Apéndice 58

Tabla de contenidos de tablas

Tabla 1 *Composición química del olluco en g/100 g de parte comestible*..... 31
Tabla 2 *Índice químico de aminoácidos del olluco*..... 32
Tabla 3 *Instrumentos y técnicas de recolección de datos*..... 44
Tabla 4 *Resultados del análisis químico proximal*..... 46
Tabla 5 *Resultados del análisis fisicoquímico*..... 46

Tabla de contenidos de figuras

Figura 1 *Neutralización del radical libre por un antioxidante.* 33
Figura 2 *Mecanismo de reacción para el ensayo ABTS.* 35
Figura 3 *Mecanismo de reacción para el ensayo FRAP* 37

Resumen

Los *Ullucus tuberosus* subsp. *tuberosus* incluye todos los ullucos silvestres, los mismos que se encuentran asociados a plantas espinosas en suelos sueltos, humosos y de buen drenaje, los cuales crecen sin ningún manejo agrícola. El objetivo principal fue evaluar la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*). Los tubérculos del olluco silvestre se obtuvieron del distrito de Ticrapo de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica; para la determinación de la capacidad antioxidante del extracto se evaluó mediante la capacidad captadora del radical DPPH• utilizando la metodología de Rojano *et al.* (2008) y para la concentración de polifenoles totales se empleó el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) es de 59,03 (% inhibición de radicales libres) y la concentración de polifenoles totales presentes fue de 18,29 (g AGE/100 g de muestra). Se concluye que los polifenoles totales de los tubérculos de olluco silvestre procedente del distrito de Ticrapo de la provincia de Castrovirreyna están próximos a los de los ullucos comerciales, mientras que la capacidad antioxidante es superior a los tubérculos del olluco comercial, lo cual indica que los tubérculos de los ullucos silvestres son ligeramente mejor a los tubérculos del olluco comercial.

Palabras clave: Subsp aborigineus, polifenoles totales, capacidad antioxidante, silvestre

Abstract

The Ullucus tuberosus subsp. tuberosus includes all wild ullucos, the same ones that are found associated with thorny plants in loose, smoky and well-drained soils, which grow without any agricultural management. The main objective was to evaluate the antioxidant capacity and the concentration of total polyphenols of the tuber of the wild olluco (Ullucus tuberosus subsp aborigineus). The tubers of the wild olluco were obtained from the Ticrapo district of the province of Castrovirreyna - Huancavelica; for the determination of the antioxidant capacity of the extract, it was evaluated by the radical scavenging capacity DPPH • using the methodology of Rojano et al. (2008) and the Folin-Ciocalteu method was used for the concentration of total polyphenols. The results obtained for the antioxidant capacity of the tuber of the wild olluco (Ullucus tuberosus subsp aborigineus) is 59.03 (% inhibition of free radicals) and the concentration of total polyphenols present was 18.29 (g AGE / 100 g of sample). It is concluded that the total polyphenols of the wild olluco tubers from the Ticrapo district of the Castrovirreyna province are close to those of the commercial olluco, while the antioxidant capacity is higher than the commercial olluco tubers, which indicates that the Wild olluco tubers are slightly better than commercial olluco tubers.

Keywords: Subsp aborigineus, total polyphenols, antioxidant capacity, wild

Introducción

Actualmente en el Perú y en el mundo existe un interés creciente, en el uso de los antioxidantes, para el tratamiento de enfermedades y prevención del desarrollo de algunas patologías, es por ello que se busca alimentos de gran calidad y sobre todo productos naturales (Taipe, 2017). Si bien la industria moderna genera cada vez más productos artificiales, se desconocen cientos de productos naturales que crecen en los Andes peruanos, con excelentes propiedades beneficiosas para la salud humana. En la región de Huancavelica existen productos naturales que, en la mayoría de los casos, se consumen solo localmente, en muchos casos no tienen estudios por crecer de manera silvestre, entre los cuales podemos mencionar: frutas, raíces, tubérculos, entre otros, con propiedades nutricionales, terapéuticas y/o funcionales. Entre estos se encuentra el olluco silvestre, considerado uno de los tubérculos más importantes después de la papa, el mashua y la oca. El valor nutricional de olluco radica en su contenido de carbohidratos y el valor funcional de sus compuestos fitoquímicos, tales como: compuestos fenólicos, glucosinolatos y vitamina C. Además, este tubérculo es utilizado tradicionalmente por la medicina popular como agente curativo y cicatrizante.

El olluco es una planta herbácea originaria de América del Sur, conocida como olluco, melloco o ruba, y puede producirse entre los 1000 a 4000 msnm. El olluco, en comparación con la papa, la mashua y la oca, tiene un alto contenido de antocianinas y carotenoides. El olluco silvestre no tiene estudios hasta la fecha, por lo cual se propone realizar un estudio, teniendo como objetivo evaluar la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La gran diversidad que forma la flora nacional es sin duda una de las bases para el desarrollo nacional, ya que genera alternativas que nos permiten aprovechar los recursos vegetales que integran la flora, a través de la identificación y caracterización de especies potencialmente utilizables, hasta cierto punto en la agroindustria.

En el departamento de Huancavelica existe numerosos productos naturales y silvestres, como frutas, raíces tubérculos, etc. y que en su mayoría no han sido valorados no tienes estudios preliminares acerca de sus propiedades y/o características que poseen. Entre estos productos silvestres se encuentra el olluco silvestre que no tiene antecedentes de estudio. Por lo cual se plantea determinar la capacidad antioxidante y determinar los polifenoles totales del olluco silvestre.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*)?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuáles serán las propiedades fisicoquímicas del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*)?
- ✓ ¿Cuál será la capacidad antioxidante del tubérculo del olluco silvestre (Ullucus tuberosus subsp aborigineus)?
- ✓ ¿Cuál será la concentración de polifenoles totales presentes en el tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).

1.3.2. Objetivo especifico

- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).
- ✓ Determinar la concentración de polifenoles totales presentes en el tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).

1.4. Justificación

La investigación abordará un tema importante para conocer otras fuentes de antioxidantes y polifenoles totales, para ser utilizado en la alimentación saludable, deseando cumplir con las expectativas en cuanto a la alimentación.

Hoy en día hay un interés en el contenido de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de las frutas, verduras y entre otros productos, lo cual generó que muchos investigadores realicen estudios de los productos cultivados, viendo esta realidad se plantea conocer la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*), como un estudio inicial en este producto, lo cual será como antecedente para las futuras investigaciones.

Los resultados de la investigación proporcionan información para conocer las propiedades del olluco silvestre *Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) y de esta manera aprovechar en la agroindustria y convertir en una cadena económica.

1.5. Limitaciones

La presente investigación se limita a los siguientes aspectos:

- ✓ La falta de información, antecedentes; o suficiente información fue limitante en muchos casos durante la investigación, por lo cual la mayor parte de la información se basa en los resultados de los análisis realizados.
- ✓ El olluco silvestre es estacional, lo cual limito la recolección del mismo.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mejía *et al.* (2018) en su investigación titulada "Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*)", su objetivo fue evaluar las características funcionales (capacidad antioxidante y antimicrobiana) de dos tubérculos consumidos tradicionalmente en Colombia, cubio (*Tropaeolum tuberosum*) y ulluco (*Ullucus tuberosus*). Para esto, se recolectaron tallos, hojas y tubérculo de cubio y de ulluco, se secaron a 38°C, por 90 horas y se realizaron extractos con etanol al 50% v/v. En los extractos obtenidos, se midió la capacidad antioxidante, por las técnicas DPPH y ABTS y el efecto inhibitorio en *Escherichia coli*, *Lactobacillus fermentum* y *Cándida utilis*, mediante la técnica de discos. Se encontró alto porcentaje de capacidad antioxidante en todas las partes de la planta en ambos tubérculos; las que presentaron mayor actividad son hojas y tallos. En la capacidad antimicrobiana, el cubio tuvo un efecto bacteriostático sobre *C. utilis*, mientras que el ulluco tuvo un efecto sobre *E. coli*. Debido a lo anterior, estos dos tubérculos poseen potencial para la extracción de compuestos antioxidantes y antimicrobianos permitiendo, de esta manera, establecer alternativas de uso para los tubérculos y subproductos (hojas y tallos).

Mercado *et al.* (2013) en su investigación titulada "Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de las especias típicas consumidas en México", su objetivo fue realizar la revisión y documentar de forma sistemática la naturaleza química y potencial funcional de los principales CPF identificados a partir de especias culinarias de uso común en México. Primero se abordó la clasificación, origen y estructuras de CPF, en particular de aquellos identificados a partir de especias y condimentos.

Posteriormente y siguiendo un protocolo de búsqueda sistemática en bases de datos e indización internacionales (MEDLINE, EMBASE, FSTA, WoK, LILACS, Cochrane Library Plus, Imbiomed y Scielo) y usando como descriptores de búsqueda (DeCS/ MeSH) las palabras "spices", "condiments", "mexico", "polyphenols" y "antioxidants", así como los nombres científicos de las especias tradicionales mexicanas, se identificaron artículos publicados del año 2000 hasta el 2013, por dos investigadores independientes. Producto de este protocolo de búsqueda, se identificaron 1022 artículos sobre especias y condimentos, 997 de las cuales eran conocidas y ampliamente consumidas en México. 432 artículos fueron seleccionados por contener información sobre su uso en tratamientos fito terapéuticos y/o eran estudios de evaluación de su capacidad antioxidante evaluada in vitro o en animales de experimentación. El presente trabajo presenta las principales investigaciones sobre los potenciales efectos beneficiosos de las especias tradicionales mexicanas en la salud humana.

Araya *et al.* (2006) en su investigación titulada "Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile", su objetivo fue determinar la capacidad antioxidante de alimentos vegetales cultivados en Chile. Los alimentos seleccionados fueron frutas, y verduras compradas en el comercio local y clasificados de acuerdo a la nomenclatura botánica estándar y con un grado de madurez adecuado para su consumo. Los alimentos se analizaron en el mismo día de su compra. Para cada alimento se analizaron 4 muestras, se homogenizaron en un Warring Blendor y se adicionóagua debidamente medida. Se tomó 1 gramo de este homogenizado y se adicionaron 10 mL de metanol absoluto y se realizó la extracción durante una hora, bajo agitación magnética. Posteriormente se centrifugó a 12000 g y en el sobrenadante se determinó la capacidad antioxidante por duplicado de acuerdo al método FRAP, según Benzie y Strain realizando la lectura espectrofotométrica a los 4 minutos después de la adición de los reactivos. Se analizaron frutas y verduras naturales

según el método FRAP (ferric reducing activity power), realizando la lectura a los 4 minutos. En las verduras se observaron valores, expresados en base húmeda, comprendidos entre 0,002 y 1,91 milimoles de Fe/100g para zanahoria cocida y ají rojo respectivamente. Los valores de las frutas estuvieron comprendidos entre 0,02 milimoles de Fe/100g para el pepino hasta 12,32 para el maqui, destacando el alto valor de este último y los obtenidos en los berries: frutilla 3,10 y zarzamora 3,55. En la zona intermedia se ubicaron frutos como el limón y el membrillo con 0,25 y 0,23 respectivamente; los valores más bajos dentro de las frutas correspondieron a manzana (variedad fuji) y duraznos. Los resultados se expresan como promedio y desviación estándar.

2.1.2. Antecedentes nacionales

García (2021) en su investigación titulada "Evaluación bromatológica del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*) procedente del distrito de Ticrapo para su uso agroindustrial", su objetivo fue, realizar el análisis químico proximal (humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra y carbohidratos), realizar el análisis fisicoquímico (pH), determinar los micronutrientes (Hierro y Vitamina C), determinar los metales pesados (Zinc y Arsénico) de los tubérculos del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*). El análisis químico proximal se realizó de la siguiente manera: humedad (NTP Nº 205.002:1979), grasa (NTP Nº 205.006:1980), proteína (AOAC, 1998), ceniza (NTP Nº 205.004:1979), fibra (NTP Nº 205.003:1980) y carbohidratos (diferencia cálculo matemático); el análisis fisicoquímico se realizó pH (AOAC, 1998); los macronutrientes se realizaron de la siguiente manera Vitamina C (AOAC, 1998) y Arsénico (AOAC, 1998) y los metales pesados se desarrollaron como se detalla: Hierro (AOAC, 1998) y Zinc (AOAC, 1998). Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal fueron: humedad 81,95%, ceniza 0,47%, grasa 0,072%, proteína 0,24%, fibra 0,03% y carbohidratos 17,24%; mientras el resultado del análisis fisicoquímico reporto el pH de 3,95; los resultados de los micronutrientes

reportaron 15,62 mg/100 g de vitamina C y 1,23 mg/100 g de hierro y los resultados de los metales pesados reportaron 0,05 de Zinc y 0,02 de Arsénico. Estos resultados demuestran que los tubérculos del olluco silvestre poseen las propiedades bromatológicas similares al de los ollucos cultivados, por lo cual, se puede aprovechar estos tubérculos en la agroindustria

Riojas (2018), en su investigación titulado "Actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de *Tropaeolum tuberosum* R. & P. "mashua". Ayacucho - 2018", su objetivo fue determinar la actividad antioxidante y el contenido total de polifenoles del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos de tubérculos *Tropaeolum tuberosum* R. & P. "mashua", realizados en el Laboratorio de Farmacognosia de Facultad de Ciencias de la Salud - UNSCH. Se recolectaron muestras en el distrito de Chiara, provincia de Huamanga, región de Ayacucho, ubicada a 3515 metros sobre el nivel del mar. El extracto hidroalcohólico se obtuvo por maceración con alcohol a 80° durante 7 días. La actividad antioxidante se determinó mediante el método de radicales libres 2,2-difenil-1-picrylhydraizil (DPPH) y el método de reacción con el radical 2,2'-azino-bis- (3-etilbenzotiazolin-6 sulfonato) de amonio) (ABTS). El contenido total de polifenoles se determinó con el reactivo Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante de los ecotipos "yana puca muru", "yana rosa ñahui" y "qello" con la prueba DPPH fue con IC50 = 127,44; 154,66 y 184,64 µg/ml, respectivamente, y con la prueba ABTS fueron con IC50 = 128,47; 156,20 y 199,52 µg/ml, respectivamente. El total de fenoles fue 121,19; 118,19 y 86,61 mg de EAG/100 g de extracto, respectivamente. Se concluyó que el extracto hidroalcohólico de los ecotipos de *Tropaeolum tuberosum* R. & P. "mashua" tiene una actividad antioxidante y polifenoles totales.

Taipe (2017) en su investigación titulada "Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en estado fresco,

soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra", realizado en la ciudad de Huancayo – Junín; el objetivo fue determinar el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante hidrófila de dos variedades de mashua: amarilla zapallo y negra, en tres estados: fresco, soleado (exposición al sol por 7 días) y cocinado (mashuas soleadas y cocinadas durante 15 minutos). Los análisis fisicoquímicos realizados variaron significativamente entre los estados fresco, soleado y cocido, con un aumento en los componentes del estado soleado en ambas variedades. En cuanto al pH de ambas variedades, aumentaron después del soleado y la cocción, a diferencia de la acidez titulable que disminuyó. Se obtuvo un aumento en los azúcares reductores en el estado soleado, y presentó resultados muy similares, pero significativamente diferentes entre las dos variedades. El contenido fenólico total y la capacidad antioxidante probada variaron significativamente entre las dos variedades, con valores altos encontrados en mashua negra, pero mostraron diferencias significativas entre los diferentes estados en los valores de contenido fenólico total de 17,4; Se obtuvieron 18,60 y 16,65 mg de ácido gálico/g en estado fresco, soleado y fresco, respectivamente, y en la capacidad antioxidante de 109,24; 114,50 y 111,20 μmol TE/g (b.s.) en los estados fresco, soleado y fresco, respectivamente. El análisis estadístico mostró que mashua soleada presentó valores altos de los componentes mencionados anteriormente en ambas variedades; mostrando un aumento en el contenido total de fenol en un 20,83% para la variedad de calabaza y 9,37% para la variedad negra después del soleado, pero después del tratamiento térmico, se observó una disminución del 16,77% para la variedad. amarillo calabaza y 10,48% para la variedad negra. Con respecto a este compuesto bioactivo, se puede observar que, después de recibir ambos tratamientos, la mashua cocida y fresca no presenta diferencias significativas (el contenido es estadísticamente el mismo). En cuanto al valor de la capacidad antioxidante, esto se vio afectado por el soleado y la cocción en ambas variedades; en la variedad de calabaza amarilla hubo un aumento durante

el soleado de 5,45 μmol TE/g (b.s.) y una ligera disminución de 1,37 μmol TE/g (b.s.) después de la cocción, en la variedad negra hubo un aumento de 5,26 μmol TE/g (b.s.) durante el sol y una disminución de 3,67 μmol TE/g (b.s.) después de la cocción.

Huaccho (2016), en su investigación titulado "Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, Carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón)", realizado en la UNALM su objetivo fue evaluar la capacidad antioxidante hidrofílica, el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y carotenoides de 84 cultivares de mashua de Cusco. Los resultados indican que los cultivares de mashua tienen una considerable capacidad antioxidante hidrofílica, medida por tres métodos de pruebas diferentes: ABTS, FRAP y ORAC (20,6 – 128,2; 22,7 – 173,2 y 35,1 – 158,8 μmol TE/g (bs) respectivamente). En algunos cultivares, estos valores fueron más altos que los reportados en frutas y verduras reconocidas con alta capacidad antioxidante. Se encontró una buena correlación entre la capacidad antioxidante medida por los métodos ABTS y FRAP (r2 = 0,834) y moderada entre los métodos ABTS y ORAC, FRAP y ORAC (r2 = 0,605 y 0,500, respectivamente). El contenido de compuestos fenólicos varió de 5,5 a 16,7 mg de Ácido gálico Eq/g (bs) el de las antocianinas entre 0,09 y 2,68 mg de cianidina-3-glucósido equivalente (CGE)/g (bs). (Se detectó solo en 17 cultivares) y de carotenoides entre 0,48 y 15,09 mg de β-caroteno/100 g (bs). Los cultivares de color púrpura se destacaron en compuestos fenólicos y antocianinos y el amarillo en contenido de carotenoides. Los compuestos fenólicos mostraron una correlación moderada y buena con diferentes capacidades antioxidantes (r2 = 0,44-0,75), y la correlación entre la capacidad antioxidante y las antocianinas moderadas a bajas (r^2 = 0,42-0,67). Esto indica que los compuestos fenólicos contribuyen considerablemente a la capacidad antioxidante del tubérculo. Los resultados indican que en la región de Cusco hay cultivares de mashua con características importantes en el contenido de

compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides y propiedades antioxidantes. Estos cultivares representan una fuente natural de fitoquímicos antioxidantes.

Muñoz *et al.* (2007) en su investigación titulada "Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios", su objetivo de estudio fue evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos en la parte comestible de aguaymanto, carambola, tomate de árbol, yacón, tumbo costeño, tumbo serrano, noni, camu-camu y guinda, siendo la capacidad antioxidante determinada por dos métodos: usando ABTS encontrando valores de 0,01 a 27,66 mg TE/100g de muestra y aplicando el método DPPH usando coeficiente de inhibición IC 50 obteniendo valores de 3,45 a 7057,99 mg/mL, siendo el camu-camu de mayor ARP con 289,29 mg/mL. El contenido de compuestos fenólicos totales usando el método Folin- Ciocalteu encontraron valores entre 2,16 y 2393,72 mg GAE/100g de materia fresca. La concentración de flavonoides y ácidos fenólicos libres fue determinada por HPLC-RP, siendo los más altos valores de clorogénico y ácido ferúlico 81,47 y 188,72 mg/kg de peso fresco, respectivamente. Los valores máximos de los otros compuestos fenólicos lo presentaron el noni con 42,63 mg/kg de cafeico, 60,23 mg/kg de rutina, el camu-camu con 0,55 mg/kg de morina, el tumbo serrano con 0,05 mg/kg de kaenferol. La capacidad antioxidante obtenida por los métodos de DPPH y ABTS está correlacionada con el contenido de compuestos fenólicos totales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*)

En los Andes se producen nueve especies de tubérculos y raíces, incluyendo el olluco, todas ellos tienen un potencial para el desarrollo de la agricultura y la agroindustria, y mejorar el nivel nutricional de la población. Algunos de estos productos son altamente perecibles debido

a su elevado contenido de agua, 80-90% como es el caso del olluco (Hermann y Heller, 1997; Cortez, 1987).

El olluco es una planta de consistencia viscosa. Su cáscara es delgada y suave. Los tubérculos pueden ser alargados llegando a medir de unos 2 a 15 cm, también pueden ser curvados. (Cadima *et al.*, 2003; Arbizú, 2004; Tapia *et al*., 2004). La pulpa, usualmente es de color amarillo, tiene una textura suave y sedosa con un sabor agradable. En los últimos años el olluco ha llegado a los supermercados de Lima, ya sea en forma semi-procesada, seleccionado y cortado en tiras y listo para la preparación del plato típico "olluquito con charqui", o como tubérculos frescos (García, 2021). Según el National Research el olluco es uno de los pocos cultivos nativos cuya distribución en los Andes es mayor ahora que hace 100 años.

Según Hennann y Heller (1997) el olluco tiene 30 millones de consumidores en el área andina. La industrialización del olluco podría garantizar una mejor conservación y un mayor acceso a los mercados urbanos. Utilizando tecnologías simples como la deshidratación, el enlatado, el procesado mínimo, etc., pequeñas empresas agroindustriales podrían ofrecer sus productos a diferentes mercados.

El olluco es la planta más importante del género Ullucus y probablemente también de la familia Basellaceae a la que pertenece. La familia Basellaceae se caracteriza por ser plantas mucilaginosas suculentas, volubles o trepadoras. El olluco se cultiva por sus tubérculos comestibles en los Andes de Sudamérica desde Venezuela hasta el Noroeste de Argentina (Winters, 1963).

2.2.1.1. Clasificación

El ulluco es la planta más importante del género Ullucus y probablemente también de la familia Basellaceae a la que pertenece. La familia Basellaceae se caracteriza por estar constituida por plantas mucilaginosas suculentas, volubles o trepadoras. Ella incluye dos especies cultivadas

valiosas por ser utilizadas como alimento: Ullucus tuberosus Caldas y Basella alba L. El ulluco se cultiva por sus tubérculos comestibles en los Andes de Sudamérica desde Venezuela hasta el Nor Oeste de Argentina, mientras que a la “espinaca malabar” o “espinaca de Ceilán” (Basella alba) se cultiva en los climas cálidos de Centro y Sudamérica, Asia y África por sus suculentas hojas, las mismas que son consumidas, principalmente en sopas de manera similar a la espinaca (Winters, 1963). El género Ullucus tiene una sola especie, el Ullucus tuberosus Caldas, la cual de acuerdo a Sperling (1987), tiene dos subespecies: Ullucus tuberosus subsp. aborigineus y Ullucus tuberosus subsp. tuberosus. La subespecie aborigineus incluyen todos los ullucos silvestres, los mismos que se encuentran asociados a plantas espinosas en suelos sueltos, humosos, bien drenados o en entornos rocosos difíciles de alcanzar, formando tubérculos de 0,5 a 1,0 cm de diámetro, de color rosa, rojo, marrón oscuro y algunas veces blanco. Se encuentran desde Carchien en Ecuador hasta el N.O. de Argentina. En Perú, estos Ullucos reciben diferentes nombres como ulluco de zorro, actqpa ullukum, atoq ulluco, atoq lisas, gentil ulluco o ulluco de los gentiles.

2.2.1.2. Características morfológicas

Las variedades cultivadas de olluco en los sistemas de cultivo en el Perú, pueden identificarse visualmente a través de ciertos caracteres de la planta y de los tubérculos. En los caracteres de los tubérculos se tienen en cuenta su forma, el color predominante de su superficie, y el color de la pulpa. Los tubérculos comestibles varían de esféricos a cilíndricos, del tamaño de una nuez, de cáscara delgada, pulpa amarilla, suculenta y mucilaginosa, con ojos o yemas poco profundas, de donde se deriva el nombre español de "papalisas". La coloración de los tubérculos es muy variada y atrayente.

a. Color de la superficie

Esta característica tiene una amplia gama que va desde el blanco amarillento al púrpura-rojizo pasando por una amplia gama de colores intermedios, como el verde amarillento, amarillo, amarillo-oscuro, amarillo-gris, amarillo-anaranjado, naranja-pálido, naranja, naranja-rojizo, rojo claro o rosado y rojo. El color de la superficie de los tubérculos es estable en cualquier entorno, lo que constituye un buen carácter taxonómico para la identificación de cultivares. También ha sido utilizado por Sperling (1987), entre otros caracteres, para discriminar el olluco cultivado (*Ullucus tuberosus*) del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*).

Alrededor del 75% de los cultivares de olluco tienen una superficie de un solo color. El resto (25%) tiene una coloración secundaria, es decir, sobre un fondo amarillo, amarillo-oscuro, amarillo-gris o blanco-amarillento, tiene un color púrpura-rojizo en forma de puntos, jaspes, rayas, manchas o una combinación de ellos. Casi todas las variedades comerciales que se ofrecen en los mercados presentas estas características. Los otros se destinan al consumo local (Arbizú, 2004).

b. Color de la pulpa

En un corte transversal del tubérculo de olluco se distinguen claramente la zona cortical y el cilindro central. La zona cortical presenta colores variados, pero, el amarillo, verde-amarillento y blanco-amarillento son los más frecuentes en más de 85% de los cultivares. Le siguen sucesivamente los colores: naranja, naranja-rojizo y rojo-claro o rosado con cerca de 12% de cultivares. En el cilindro central por otro lado predominan los colores verde-amarillento, blanco-amarillento y amarillo en cerca de 80% de cultivares. Cultivares con cilindro central naranja-amarillento y blanco, con alrededor de 10% cada uno, son menos frecuentes (Arbizú, 2004).

c. Forma del olluco

Los tubérculos maduros del olluco también presentan variaciones. Más del 60% de los cultivares peruanos presentan tubérculos redondos, alrededor del 25% son semi-falcados, 10% cilíndricos más o menos alargados, y 2% presentan tubérculos retorcidos. Aunque la forma de los tubérculos puede ser influenciada en suelos compactos y por la edad de la planta, este carácter, sin embargo, también constituye un factor importante para identificar cultivares. Los cultivares más comerciales en el Perú presentan tubérculos cilíndricos más o menos alargados y semi-falcados; ellos se ofertan tanto en mercados urbanos como rurales. En muchas partes de la sierra central se prefieren localmente los ollucos redondos y retorcidos. (Arbizú, 2004).

2.2.1.3. Taxonomía

Arbizú y Robles (1986), clasifican taxonómicamente al olluco de la siguiente manera:

División	: Espermatofita.
Subdivisión	: Angiospermas.
Clase	: Dicotiledoneas.
Orden	: Centrospermas.
Suborden	: Portulacineas.
Familia	: Basellaceae.
Género	: Ullucus.
Especie	: Tuberosus.
Sub especie	: U. tuberosus aborígenes
Nombre científico	: Ullucus tuberosus
Nombre común	: Olluco, papa lisa.

2.2.1.4. **Variedades de olluco**

Robles (1981), indica que en el Perú existen numerosas variedades de olluco y se han determinado entre 50 y 70 clones. Los agricultores reconocen algunas importantes, como:

- ✓ Chucchan lisa, de forma alargada y de calidad superior.
- ✓ Ckello chuccha, de tubérculos amarillos.
- ✓ Muru lisa, de tubérculos rosados y Crecimiento precoz.
- ✓ Yurac lisa, de tubérculo blanco.
- ✓ Bela api chuccha, de tubérculo amarillo - rojizo
- ✓ Puca lisa, de tubérculo rojizo.
- ✓ Kita lisa, atoe lisa y kipaullucu, que son variedades silvestres.

2.2.1.5. Uso

Según Barrera *et al.,* (2004) los ollucos tienen una cáscara tan delgada que no necesitan ser pelados para su consumo. La pulpa tiene una textura suave y sedosa con un sabor agradable para quienes tienen costumbre de consumirlos. Sin embargo, para algunas personas que comen por primera vez este tubérculo, puede parecerles de sabor muy fuerte e incluso algunas manifestaron que tiene sabor a tierra, probablemente esto se deba por la presencia de mucílago en los tubérculos.

En Perú se prepara un plato típico llamado "olluquito con charqui" y también se elabora chuño de olluco. También reportaron que en el Ecuador se prepara la sopa de olluco, que consiste en un locro adicionado con papa, haba y repollo; también se consume en forma de ensaladas y en combinación simple con otros productos cocidos, como habas o papas.

2.2.1.6. **Composición química**

El olluco, como todos los tubérculos, posee un alto contenido de humedad. Si calculamos el contenido de los compuestos en base seca, encontramos que el olluco es una fuente importante de calorías por su alto porcentaje de carbohidratos. En la Tabla 1 se muestra la composición química del olluco.

Tabla 1

Composición química del olluco en g/100 g de parte comestible

Componentes	Cantidad por 100 g
Humedad (%)	83,4
Cenizas (g)	5,93
Proteínas (%)	10,01
Fibra (%)	2,63
Extracto etéreo (%)	1,24
Carbohidrato total (%)	8,12
Ca (%)	0,02
P (%)	0,263
Mg (%)	0,107
Na (%)	0,03
K (%)	2,48
Cu (ppm)	10,71
Fe (ppm)	59,42
Mn (ppm)	9,19
Zn (ppm)	23,94
Almidón (%)	70,50
Azúcar total (%)	6,63
Energía (Kcal/100 g)	412,0
Vitamina C (mg/100 g mf)	26,03

Fuente: Lescano (1994).

Lescano (1994) menciona también que el olluco contiene importantes cantidades de proteínas (10,8-15,7%), que a su vez son fuente de seis aminoácidos de los ocho aminoácidos esenciales en la dieta humana (lisina, triptófano, valina, isoleucina, leucina y treonina).

Tabla 2

Índice químico de aminoácidos del olluco

Aminoácidos	Contenido de proteína (mg/g)	Patrón de proteínas FAO/OMS	% del patrón
Isoleucina	41	52	79
Leucina	49	70	70
Lisina	48	55	87
Metionina +	31	35	89
Fenilalanina +	60	60	100
Treonina	27	40	68
Triptófano	9	10	90
Valina	35	50	70

En base al patrón de aminoácidos FAO-OMS-UNU, 1985, (Muestra entera).

Fuente: King y Gershoff (1987).

2.2.2. Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres (Londoño, 2010 citado por Cerrón, 2012).

Existen antioxidantes naturales contenidos en los alimentos y también sintéticos; los antioxidantes naturales que pueden ser hidrosolubles y liposolubles. Estos antioxidantes son los encargados de retrasar los procesos oxidativos y así ayudar a evitar el envejecimiento celular. Estos actúan ya sea evitando la formación de radicales libres, reaccionando con otros radicales o secuestrando a las moléculas de oxígenos, evitando así el comienzo de las reacciones oxidativas en el interior de la célula. (Fennema, 2000).

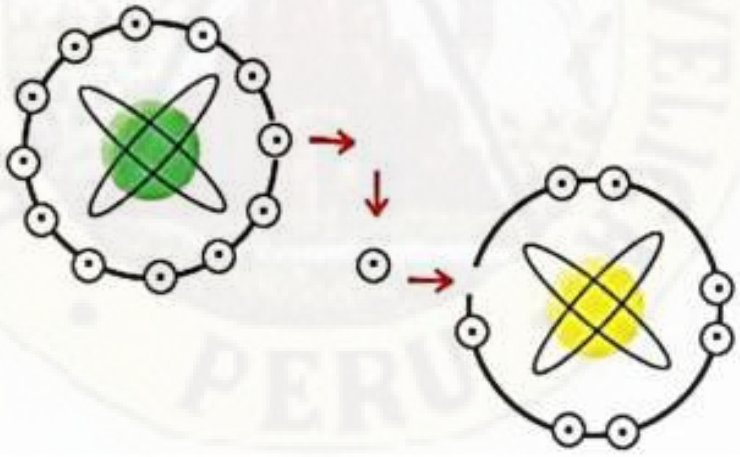
El proceso oxidativo empieza con la formación de radicales libres; éstos son moléculas con un electrón desapareado altamente reactivas que pueden ser generadas de forma endógena (metabolismo de la respiración,

células fagocitarias, autoxidación de compuestos de carbono y la activación catalítica de algunas enzimas) y exógena (radiación, luz solar, tabaco, ozono, drogas, contaminantes y aditivos en alimentos) y existen en diferentes formas como: anión superóxido, hidroxilos, peróxidos, y alcóxilos. Son capaces de favorecer reacciones en cadena muy dañinas para el organismo, desencadenando un fenómeno conocido como estrés oxidativo, y éstas reaccionar con componentes celulares importantes como el ADN o las membranas y afectar la estructura y función de algunas proteínas y lípidos. (Lee *et al.*, 2004 citado por Taipe, 2017).

En la Figura 1 se observa que la función antioxidante se da por el resultado de ceder electrones desde una molécula hacia otra con un radical libre permitiendo que este se vuelva un radical débil al disminuir su actividad oxidante, lo que elimina la actividad tóxica para el organismo (Criado y Moya, 2009).

Figura 1

Neutralización del radical libre por un antioxidante.



Fuente: Frankel y Meyer (2000).

La capacidad antioxidante (CAOX) de los alimentos depende de muchos factores, incluyendo las propiedades de los sustratos, las condiciones y etapas de la oxidación y, la localización de los antioxidantes en diferentes fases: hidrofílica o lipofílica (Frankel y Meyer, 2000). De otro lado la CAOX medida en una muestra también depende de la tecnología

empleada, del generador de los radicales libres u agente oxidante que se utiliza en la medición y, de las condiciones de ensayo (Magalhaes *et al.*, 2008).

Se ha evaluado la capacidad de diferentes antioxidantes en numerosos estudios por diferentes métodos y en diferentes condiciones, pero muy a menudo hay una falta de correlación entre los resultados encontrados para las CAOX determinadas en el mismo material por diferentes ensayos y entre las capacidades determinadas por el mismo ensayo en laboratorios diferentes. Esto es comprensible, dada la presencia de varias especies activas, las características de la reacción y los mecanismos que están implicados en el proceso oxidativo, haciendo que no exista un método simple universal por el cual se puede evaluar con precisión la CAOX y cuantificarla (Magalhaes *et al.*, 2008).

Según Huang *et al.,* (2005), los métodos para medir la CAOX se clasifican básicamente en dos grupos dependiendo del mecanismo de reacción así se tiene a los métodos basados en la transferencia de un átomo de hidrógeno (TAH) y métodos basados en la transferencia de electrones (TE). La mayoría de los ensayos basados en TAH aplica un esquema competitivo en el cual el antioxidante y el sustrato compiten por estabilizar a los radicales generados (ejemplo: radical peroxilo) a través de la donación de un átomo de hidrógeno. Los ensayos basados en la TE miden la capacidad de un antioxidante en la reducción de un oxidante, que cambia de color cuando se reduce (*Huang et al.,* 2005); así, el grado de cambio de color se correlaciona con las concentraciones de antioxidantes de la muestra (Zuloeta *et al.,* 2009).

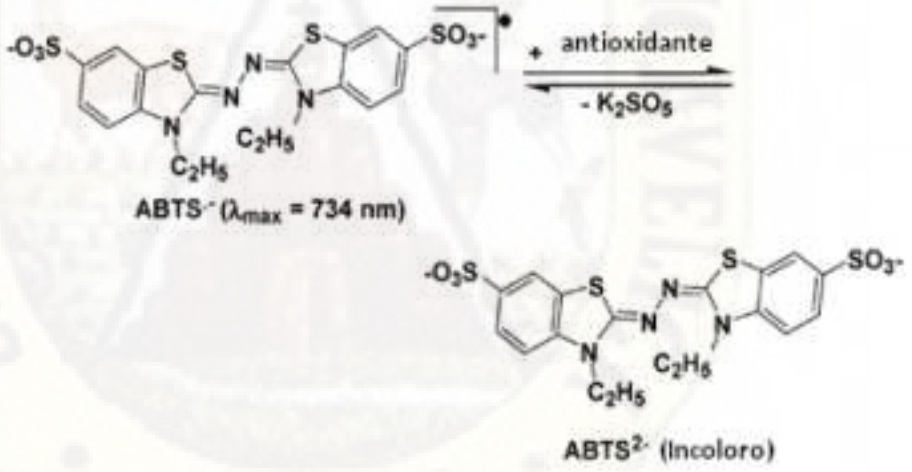
A continuación, se describe los métodos generalmente más utilizados para medir la CAOX in vitro.

2.2.2.1. Método ABTS (2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)

El método de inhibición de radicales ABTS fue desarrollado por Rice-Evans y Miller en 1994 y fue luego modificado por Re *et al.,* en el año 1999. El método para la detección de la CAOX se informa como un ensayo de decoloración. El radical mono catión preformado el 2,2´-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS•+) se genera por la oxidación de ABTS con persulfato de potasio y se reduce en presencia de donantes de hidrógenos antioxidantes (Re *et al.,* 1999). Es uno de los ensayos de antioxidantes más utilizados en muestras vegetales (Krishnaiah *et al.,* 2011).

Figura 2

Mecanismo de reacción para el ensayo ABTS.



Fuente: Huang *et al.* (2005).

El catión ABTS•+, que es intensamente coloreado, disminuye de color al reaccionar directamente con el antioxidante (Figura 2). La CAOX se mide como la capacidad de los compuestos de ensayo para disminuir el color al reaccionar directamente con los radicales ABTS•+ (Prior et al., 2005) y se mide espectrofotométricamente a 734 nm (Krishnaiah *et al.,* 2011).

Re *et al.*, (1999) indican que este ensayo de decoloración es fácilmente adaptable para medir la CAOX total, es decir hacer las medidas en sustancias que presenten compuestos antioxidantes lipofílicos e hidrofílicos (ejemplo: compuestos fenólicos, carotenoides, antioxidantes del plasma, etc.). El efecto de la concentración de antioxidantes y la duración de la inhibición de la absorción del radical catión se tienen en cuenta a la hora de determinar la CAOX (Re *et al.*, 1999), la cual debe de calcularse independientemente para cada muestra a evaluar. El trolox, un análogo hidrosoluble de la vitamina E, se utiliza como control positivo. La actividad se expresa en términos de la capacidad antioxidante equivalente trolox del producto (TEAC/g o L) (Krishnaiah *et al.*, 2011).

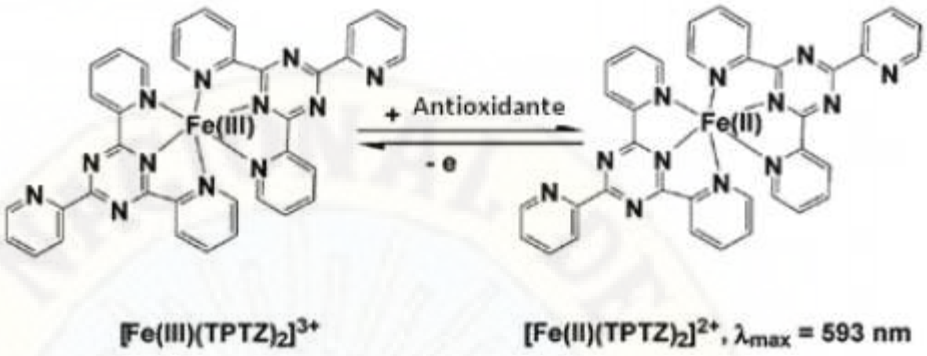
Este ensayo espectrofotométrico es técnicamente sencillo, lo que explica su aplicación para la detección y determinación de análisis de rutina. La inhibición del radical ABTS•+ puede ser evaluada en un amplio rango de pH, lo cual es útil para estudiar el efecto del pH en los mecanismos antioxidantes. Además, el radical ABTS•+ es soluble en agua y disolventes orgánicos (Magalhaes *et al.*, 2008).

2.2.2.2. Método FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma)

Benzie y Strain (1996) indican que un potente antioxidante de radicales libres a menudo actúa como un potente agente reductor tal es el caso del principio del método FRAP. El ensayo FRAP, se presenta como un método que evalúa la reducción del ión férrico a ferroso, a pH bajo, provocando la formación de un complejo coloreado ferrosotripyridyltriazine (FeII-TPTZ) a partir del complejo férrico-tripyridyltriazine (FeIII-TPTZ), formando un color azul intenso con un máximo de absorción a 593 nm (Figura 3). Las condiciones del ensayo favorecen la reducción del complejo y, por lo tanto, el desarrollo de color, siempre que un agente reductor (antioxidante) esté presente.

Figura 3

Mecanismo de reacción para el ensayo FRAP.



Fuente: Huang *et al.* (2005).

El cambio de absorbancia es lineal en un amplio rango de concentraciones con soluciones que contengan una mezcla de antioxidantes, incluyendo el plasma, y con soluciones que contienen un antioxidante en forma purificada. El ensayo FRAP es económico, los reactivos son fáciles de preparar, los resultados son altamente reproducibles y el procedimiento es sencillo y rápido (Benzie y Strain, 1996).

La CAOX por el FRAP no siempre se correlaciona bien con la de los radicales libres medidos por el método de la competencia, como el ORAC (Oxygen radical absorbance capacity). Los antioxidantes que reducen los iones metálicos pueden ejercer efecto prooxidante bajo ciertas condiciones. El ejemplo típico es la combinación de ácido ascórbico y el hierro, que incluso son utilizados para inducir la oxidación mediada por radicales libres in vitro. Sin embargo, en condiciones in vivo el hierro y el cobre son secuestrados por las proteínas y no se reducen fácilmente por el ascorbato, y de hecho se ha informado que el ácido ascórbico no actúa como un pro-oxidante in vivo (Suh *et al.*, 2003). Los polifenoles pueden unirse a iones metálicos y formar complejos, que puede ser otro de los mecanismos de acción de los compuestos fenólicos como antioxidantes (Niki, 2010).

2.2.2.3. Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

La actividad antioxidante se cuantifica de acuerdo a la metodología descrita por Cao *et al.,* (1996), la que posteriormente fue modificada por Ou *et al.,* (2001). El método se basa en la medición de la fluorescencia de una molécula a la que se le somete a la acción de un generador de radicales libres (como el AAPH (2,2'-azobis(2-amidino-propane) dihydrochloride)). A medida que la molécula fluorescente es atacada y dañada por los radicales peroxil va perdiendo su fluorescencia. La labor de los antioxidantes es la de proteger la molécula y cuanto más CAOX tiene un compuesto o alimento más se preserva la capacidad de emitir luz fluorescente de la molécula en cuestión. El grado de protección se mide con un medidor de fluorescencia (Ou *et al.,* 2001).

El ensayo ORAC fue originalmente propuesto por Cao *et al.* (1996) con la β-ficoeritrina como molécula de prueba generadora de fluorescencia, pero en la actualidad, la fluoresceína es la molécula de prueba más empleada (Ou *et al.,* 2001). El ORAC fluoresceína es un método conveniente y ampliamente utilizado para la estimación de la CAOX de compuestos puros o mezclas complejas, tales como infusiones de hierbas y té. El mecanismo de reacción determinado en este ensayo es la clásica transferencia de hidrógenos (TAH) (Ou *et al.,* 2001).

En el típico ensayo ORAC, la pérdida de fluorescencia experimentada con la ficoeritrina o con la fluoresceína es seguida en el tiempo en ausencia y presencia de antioxidantes (Ou *et al.,* 2001). Los valores de ORAC se expresan generalmente como equivalente Trolox. El ORAC ha sido adaptado para medir los antioxidantes lipofílicos, así como hidrofílicos y en la actualidad el ensayo ORAC se ha automatizado (Niki, 2010). En este ensayo los radicales peroxilo reaccionan con un agente fluorescente para formar un producto no fluorescente, el cual es cuantificado fácilmente por la fluorescencia. La CAOX se determina por una disminución de la frecuencia y la cantidad de producto formado en el tiempo (Prior *et al.,* 2005).

Hasta la fecha, es el único método que evalúa la reacción de los radicales libres hasta el final y utiliza el área bajo la curva para la cuantificación de metabolitos, combinando de esta forma tanto el porcentaje de inhibición y la duración del tiempo de inhibición de la acción de los radicales libres, en una sola cantidad. El ensayo ha sido ampliamente utilizado en muchos estudios en diferentes partes de plantas y de sus productos derivados (Krishnaiah *et al.*, 2011).

2.3. Marco conceptual

El género *Ullucus* tiene una sola especie, el *Ullucus tuberosus* Caldas, la cual de acuerdo a Sperling (1987), tiene dos subespecies: *Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus* y *Ullucus tuberosus* subsp. *tuberosus*. Dentro de la subespecie aborigineus están incluidos todos los ullucos silvestres, los mismos que se encuentran asociados a plantas espinosas en suelos sueltos, humosos y de buen drenaje, o en ambientes rocosos de difícil acceso, formando tubérculos de 0.5 a 1.0 cm de diámetro, de colores rosados, rojos, marrones oscuros y a veces blancos.

2.4. Definición de términos

- ✓ Antioxidante: En el sentido más amplio de la palabra, como cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. La oxidación de tales sustratos podrá ser iniciada por dos tipos de especies reactivas: los radicales libres, y aquellas especies que, sin ser radicales libres, son suficientemente reactivas para inducir la oxidación de sustratos como los mencionados.

- ✓ Flavonoides: Término genérico con el que se identifica a una serie de metabolitos secundarios de las plantas, que se encuentran en varias frutas y verduras coloridas -arándanos, ciruelas, manzanas, bayas, naranjas, fresas, espinacas- protegen las células del organismo de daños que podrían contribuir al desarrollo.

- ✓ Polifenoles: Son sustancias que se encuentran en las plantas y determinados alimentos como las uvas para dar olor y sabor. Hay dos grupos importantes, los flavonoides y las isoflavonas que aportan muchos beneficios para actuar, especialmente, contra los radicales libres, siendo perfectos antioxidantes naturales.

CAPÍTULO III:
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial del estudio

3.1.1. Ámbito temporal

La investigación se desarrolló durante año 2021, el olluco silvestre fue recolectado del distrito de Ticrapo de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica. La ejecución se realizó en la ciudad de Huancayo – Junín en el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

3.1.2. Ámbito espacial

2.4.1.1. Ubicación política

País	: Perú
Región	: Huancavelica
Provincia	: Acobamba
Distrito	: Acobamba

2.4.1.2. Ubicación geográfica

Latitud Sur	: 12° 50′ 30″
Longitud Oeste	: 74° 33′ 42,2″
Altitud	: 3417 msnm.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada, porque busca amplificar y aclarar los conocimientos del olluco silvestre de acuerdo a los nuevos hallazgo y aportes teóricos.

3.3. Nivel de investigación

De acuerdo a Hernández (2009) la investigación tiene el alcance descriptivo y explicativo, porque describe sus propiedades y su situación y su contexto, además especifica las propiedades y características del mismo.

3.4. Método de investigación

El método que se utilizó en la investigación es el método deductivo.

3.5. Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo para lo cual se realizó los siguientes análisis:

3.5.1. Análisis químico proximal

El análisis de la composición químico proximal se realizó a la muestra fresca del olluco silvestre, los análisis son los siguientes:

a. Humedad: Ref. NTP Nº 205.002:1979
b. Grasa: Ref. NTP Nº 205.006:1980
c. Proteína: AOAC, 1998
d. Ceniza: Ref. NTP Nº 205.004:1979
e. Fibra: Ref. NTP Nº 205.003:1980
f. Carbohidratos: Diferencia cálculo matemático.

3.5.2. Análisis fisicoquímico

2.4.1.3. Determinación la capacidad antioxidante

Para la actividad antioxidante de los extractos se evaluó mediante la capacidad captadora del radical DPPH• utilizando la metodología de Rojano *et al.,* (2008).

- ✓ Un volumen de 990 µL de una solución metanólica de DPPH se mezcló con 10 µL de las soluciones etanólicas de extracto de maca en varias concentraciones.
- ✓ las mezclas se dejaron en reposo y en ausencia de luz durante 30 minutos.
- ✓ Transcurrido este tiempo se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro.
- ✓ Los resultados fueron convertidos a porcentaje de inhibición y expresados como capacidad antioxidante en µmol de equivalentes

Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-carboxílico; TE)/g de EEP (TEAC).

- ✓ El antioxidante sintético butil hidroxitolueno (BHT), se usó como control positivo.

2.4.1.4. Determinación de Polifenoles Totales

Para la determinación de la cantidad de fenoles totales presente en los distintos extractos tubérculos de olluco silvestre se empleó el método de Folin-Ciocalteu.

a. Fundamento

El cual se fundamenta en la reacción de óxido-reducción entre compuestos reductores y el reactivo de Folin-Ciocalteu (RFC) al producirse una transferencia alcalina de electrones reduciendo el complejo fosfomolíbdico/fosfotúngstico a un cromógeno azul el cual es medido por colorimetría (Singleton y Rossi, 1965).

b. Procedimiento

- ✓ Se toma 50µL de una solución de muestra o extracto en Metanol (80%).
- ✓ Homogeneizar en un vórtex con 450 µL de agua destilada y se incorporó 2,5 mL de una solución de RFC (10%) y se deja por 5 min a 25 °C.
- ✓ Luego se agregó 2 mL de Na2CO3 (5%).
- ✓ Tanto esta solución como la solución blanco fueron homogeneizadas e incubadas en baño termorregulado a 30 °C por 90 min para posteriormente leer en espectrofotómetro a 765 nm, luego de enfriar por 5 min a temperatura ambiente.
- ✓ El valor de fenoles totales en las muestras fue expresado en µg/mL de ácido gálico para lo cual fue establecida una curva de calibración en un rango de 0 a 700 µg/mL (Tawaha et al., 2007).
- ✓ El espectrofotómetro utilizado para determinar la absorbancia fue un espectrofotómetro Shimadzu UV-VIS.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

La población está conformada por todas las plantas de olluco silvestre del distrito de Ticrapo, provincia de Castrovirreyna – Huancavelica.

3.6.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 5 kg de olluco silvestre.

3.6.3. Muestreo

La técnica utilizada para la obtención de la muestra fue al azar.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La ejecución de la presente investigación se realizó en 3 etapas: el primero fue la recolección de los tubérculos de olluco silvestre, la segunda etapa fueron los análisis químico proximales y fisicoquímico, y la tercera etapa fue el análisis de los datos obtenidos.

Tabla 3

Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Recolección de datos
Observación directa	Ficha de observación, libretas de campo.	Estado óptimo de los tubérculos. Calidad de los tubérculos.
Mediciones	Cantidad de los tubérculos.	kg de tubérculos de olluco silvestre.
Recolección de información	Revisión bibliográfica de libros, formatos impresos y virtuales.	Referencias bibliográficas de método de evaluación de capacidad antioxidante.
Capacidad antioxidante.	Método DPPH*	Datos recopilados del laboratorio
Polifenoles totales	Método Folin-Ciocalteau	Resultados (Ácidos fenólicos (AF), flavonoides (FLA) y taninos (TAN))

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se realizarán con la ayuda de la estadística descriptiva.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) se presentan en la Tabla 5.

Tabla 4

Resultados del análisis químico proximal

Análisis	Resultado (%)
Humedad	81,95
Ceniza	0,47
Grasa	0,072
Proteína	0,24
Fibra	0,03
Carbohidratos	17,24

4.1.2. Análisis fisicoquímico

Los resultados del análisis fisicoquímico del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) se presentan en la Tabla 6.

Tabla 5

Resultados del análisis fisicoquímico

Análisis	Resultado
Capacidad antioxidante (% inhibición de radicales libres)	59,03
Polifenoles totales (g AGE/100 g de muestra)	18,29

4.2. Discusiones

4.2.1. Químico proximal

En la investigación el contenido de humedad del olluco silvestre fue de 81,95%, valor similar al reportado por García (2021), pero estos valores son inferiores a los reportados por el Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que reportaron 86,0% de humedad, La variación de los valores podría ser por el tiempo de cosecha y la procedencia del producto.

El contenido de ceniza del olluco silvestre se reportó 0,47%, valor similar al obtenido por García (2021), la similitud de estos valores estaría influenciado por la procedencia del producto; ambos valores se encuentran próximo al reportado por Yavar (2016), quien reportó 0,48% de ceniza, mientras que INIA (2006) reporto 3,5 g en 100 g, lo cual indica que se obtuvo un valor inferior en la presente investigación, esta diferencia podría ser por la variedad y la procedencia del olluco analizado.

El contenido de grasa del olluco silvestre fue de 0,072%, valor similar al reportado por García (2021), quien también obtuvo las muestras del olluco silvestre del distrito de Ticrapo de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, ambos valores están próximo al reportado por Yavar (2016), quien reportó 0,070% de grasa, mientras que Landa (2012) reporto 0,2% de grasa en base húmeda y 0,0333% de grasa en base seca del olluco, valores alejados a lo obtenido en la presente investigación, esta diferencia podría ser por la variedad y la procedencia del olluco analizado.

La proteína del olluco silvestre fue de 0,24%, valor similar al reportado por García (2021), quien también obtuvo la muestra del distrito de Ticrapo de la provincia de Castrovirreyna – Huancavelica, este valor esta próximo al reportado por Yavar (2016), quien reportó 0,25% de proteína,

mientras que Landa (2012) reporto 1% de proteína en base húmeda y 0,1668% de proteína en base seca del olluco; estos valores demuestran que la procedencia del producto y la variedad influye directamente en los resultados obtenidos.

La fibra del olluco silvestre fue de 0,03%, valor similar al reportado por García (2021) y Yavar (2016), quienes reportaron 0,03% de fibra, mientras que Landa (2012) reporto 0,58% de fibra en base húmeda y 0,0968% de grasa en base seca del olluco, valores ligeramente superiores al obtenido en la presente investigación.

El contenido de carbohidratos del olluco silvestre fue de 17,24%, valor similar al reportado por García (2021), mientras que es ligeramente inferior al reportado por Yavar (2016), quien reportó 17,47% de carbohidratos, esta variación podría ser por la variedad y el lugar de procedencia.

4.2.2. Fisicoquímico

En la presente investigación se reportó la capacidad antioxidante de 59,03% de inhibición de radicales libres, en los tubérculos de olluco silvestre, el cual superior al reportado por Mejía *et al.,* (2018) quien reporto 18,89% de actividad antioxidante para tubérculos de olluco; mientras que Zavaleta *et al.,* (2005) reporto 27,62%, este resultado esta próximo al resultado obtenido en esta investigación, Zavaleta *et al.,* (2005) realizó su estudio, usando la técnica DPPH y extractos etanólicos, obtenidos con tubérculos frescos triturados, centrifugados a 3,500 rpm, por 15 minutos. Esta actividad antioxidante se puede deber, principalmente, al contenido de betalaínas en forma ácida de betaxantinas y betacianinas (Campos *et al.,* 2006), presentes en el tubérculo de olluco.

El contenido de polifenoles totales del olluco silvestre se expresa en (g AGE/100 g de muestra), el resultado obtenido es 18,29, valor cercano al obtenido por Gómez (2020), quien reporto un valor de 25,881 $mg\ AGEg^{-1}$ en mashua variedad yana añu, mientras Huaccho (2016)

cuantificó valores del contenido de polifenoles totales de 15,5 ± 0,1 y 10,9 ± 0,4 mg AGE/g en estado fresco, en cultivares s-153 y s-148, son los que están próximos a la variedad a nuestros resultados.

Conclusiones

Al finalizar la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se determinaron las propiedades fisicoquímicas del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*), los cuales son similares a los determinados por García (2021).
- ✓ Se determino la capacidad antioxidante del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*) el cual es de 59,03 (% inhibición de radicales libres), el cual es superior al reportado por Mejía *et al.* (2018).
- ✓ Se determino la concentración de polifenoles totales presentes en el tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*), obteniendo 18,29 (g AGE/100 g de muestra).

Recomendaciones

Al culminar la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- ✓ Evaluar la capacidad antioxidante del olluco silvestre en diferentes etapas de cosecha.
- ✓ Elaborar productos utilizando como materia prima al olluco silvestre.

Referencia bibliográfica

Araya L, Héctor, Clavijo R, Carolina y Herrera, Claudia. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 56 (4), 361-365. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400008&lng=es&tlng=en.

Arbizú, C. (2004). Clasificación y morfología (Capítulo 2). En: G. López & M. Hermann (eds.). El Cultivo del Olluco en la Siena Central del Perú. CIP, UNC, UNALM, Agencia Suiza para el Desanollo y la Cooperación, Lima. pp. 5-11.

Arbizú, C. y Robles, E. (1986). La colección de los cultivos de raíces y tubérculos andinos de la Universidad de Huamanga. V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno - Perú.

Barrera, V., Espinosa, P., Tapia, C., Monteros, A. y Valverde, F. (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Quito, Ecuador - Lima, Perú.

Benzie, I. y Strain, J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal. Biochem., 239, 70-76.

Cadima, X., García, W. y Patiño, F. (2003). El isaño (Tropaeolum tuberosum R&P). A vanees en la investigación de un cultivo subutilizado. Documento de trabajo No.24. Fundación PROINPA. Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRT As). Proyecto Papa Andina. Cochabamba.

Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W. y Cisneros, 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 Olluco (Ullucus tuberosus Caldas). J. Science of Food and Agriculture. 86(10):1481-1488. https://doi.org/10.1002/jsfa.2529

Cao, G., Wang, H., & Prior, R. (1996). Total Antioxidant Capacity of Fruits. Journal Agricultural Food Chemistry, 44(3), 701-705.

Cerrón M. (2012) Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo, (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Huancayo – Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1228/CERRON%20MALQUI%20LUZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cortez, H. (1987). Avances de la investigación en tres tubérculos andinos: oca (oxalis tuberosa), ulluco (Ullucus tuberosus), mashwa, isaño o añu (Tropaeolum tuberosum. En: Serie Informes Tecnicos. Avances en las investigaciones sobre Tubérculos Alimenticios de los Andes. Instituto de Investigación Agraria y Agroindustrial. Agencia Canadiense para el desarrollo Internacional.

Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza - España.

Frankel, E. y Meyer, A. (2000). The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. Journal Science Food Agriculture, 80, 1925-1941.

García, E. (2021). Evaluación bromatológica del olluco silvestre (Ullucus tuberosus subsp. aborigineus) procedente del distrito de Ticrapo para su uso agroindustrial. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Huancavelica – Perú. URI: http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3791

Gómez, R. (2020). Efecto del tiempo de almacenamiento poscosecha sobre los compuestos funcionales de la mashua (Tropaeolum tuberosum) variedad de yana añu. (Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano). Puno – Perú. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14916/Roger_G%C3%B3mez_Mamani.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Hermann, M. y Heller, J. (1997). Andean Roots and Tubers Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. International Plant Genetic Resources institute.

Huaccho, C. (2016). Capacidad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas de 84 cultivares de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz y Pavón). (Tesis de maestría, Universidad Agraria La Molina). Lima - Perú.

Huang, D; Ou, B. & Prior, R. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 1841-1856.

INIA. (2006); Los Cultivos Nativos en las comunidades del Perú – Proyecto Conservación In Situ de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres.

King, S. y Gershoff, S. (1987). Nutritional evaluation of three underexploited Andean tubers: Oxalis tuberosa (Oxalidaceae), Ullucus tuberosus (Basellaceae) and Tropaeolum tuberosum (Tropaeolaceae).

Krishnaiah, D.; Sarbatly, R.; Nithyanandam, R. (2011). A review. of the antioxidant potential of medicinal plant species. Food and Bioproducts Processing, 89, 217-233

Landa, V. (2012). Determinación del tiempo de vida útil del olluco (Ollucus tuberosus) como producto de IV gama. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Huancayo – Perú.

Lescano, J. (1994). Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. Programa interinstitucional de Waru-Waru. Proyecto Especial Binacional. Convenio INADE/PELT COTESU. La Paz.

Magalhaes, L; Segundo, M; Reis, S; Lima, J. (2008). Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. Anal. Chim. Acta, 613, 1-19.

Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, S., Serna, J. y Torres, L. (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

Mercado, G-, De la Rosa, L., Wall, A, López, J. y Álvarez, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de las especias típicas consumidas en México. Nutrición hospitalaria, 28 (1), 36-46. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298

Muñoz, A., Ramos, D., Ortiz, D. & Castañeda, B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Revista de la Sociedad Química del Perú, 73(3), 142-149. Recuperado en 03 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300003&lng=es&tlng=pt.

Niki, E. (2010). Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. Review. Free Radical Biology and Medicine, 49(4), 503-515

Ou, B.; Hampsch-Woodill, M.; & Prior, R. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(10), 4619-4626.

Prior, R.; Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Radical Biology & Medicine, 27, 1173-1181.

Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas de la Universidad Nacional Agraria - La Molina (2020). Elaboración: AGRONOTICIAS. [En línea] https://agronoticias.pe/alimentacion-y-salud/virtudes-nutricionales-y-terapeuticas-de-la-oca-y-olluco/

Re, R.; Pelligrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol Med, 26, 1231-1237.

Riojas, Z. (2018). Actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de Tropaeolum tuberosum R. & P. “mashua”. Ayacucho - 2018. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga). Ayacucho, Perú.

Robles, E. (1981). Origen y evolución de la oca, olluco y mashua. Centro de informática para la investigación agrícola Lima, Perú, Universidad Agraria la Molina.

Rojano, B., Saez, J., Schinella, G., Quijano, J., Vélez, E. y Gil, A. (2008). Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-isopropyl-3,6-dimethoxy-5-methylphenol). J Mol Struct.; 877 (1-3): 1-6.

Singleton, V. y Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144– 158.

Sperling, C. (1987). Systematic of the Basellacea. Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 279 p.

Taipe, L. (2017). Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (Tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y negra. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Huancayo - Perú.

Tapia, C., Estrella, J., Monteros, A., Valverde, F., Nieto, M. y Córdova, J. (2004). Manejo y conservación de RTAs in situ en fincas de agticultores y ex situ en el banco de germoplasma de INIAP (Capítulo 2). pp. 31-74.

Tawaha, K., Feras, Q., Mohammad, G., Mohammad, M. y Tamam, E (2007). Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. Food Chemistry 104: 1372–1378.

Winters, H. (1963). Ceylon Spinach (Basella rubra). Eco.Bot. 17(3): 195-199.

Yavar, Y. (2016). Efecto del empacado en las características sensoriales y fisicoquímicas del olluco (Ullucus tuberosus) entero al estado fresco. (Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva). Tingo María - Perú.

Zavaleta, J., Muñoz, A., Blanco, T., Alvarado, C. y Loja, B. (2005). Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. Horizonte Médico. 5(2):1-5.

Zulueta, A.; Esteve, M.; Frígola, A. (2009). ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. Food Chemistry, 114, 310-316.

Apéndice

Apéndice 1. Matriz de consistencia

"DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES EN EL TUBÉRCULO DEL OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*)"

Formulación del problema	Objetivos	Variables	Indicador	Actividades y protocolos
¿Cuál será la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*)?	Evaluar la capacidad antioxidante y la concentración de polifenoles totales del tubérculo del olluco silvestre *(Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*). **Objetivos específicos** ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*). ✓ Determinar la capacidad antioxidante del tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*). ✓ Determinar la concentración de polifenoles totales presentes en el tubérculo del olluco silvestre (*Ullucus tuberosus* subsp *aborigineus*).	**Independientes** Tubérculos de olluco silvestre. **Dependientes** ✓ Características fisicoquímicas. ✓ Capacidad antioxidante. ✓ Concentración de polifenoles.	Kg % (% inhibición de radicales libres) (g AGE/100 g de muestra).	**Tipo de Investigación:** Básica **Nivel de investigación:** Descriptivo **Método de investigación:** Deductivo - Inductivo

Apéndice 2. Testimonio fotográfico

Fotografía 1. *Olluco silvestre en el campo.*

Fotografía 2. *Pesado en la determinación de cenizas.*

Fotografía 3. *Tubérculos del olluco silvestre.*

Fotografía 4. *Ebullición para le determinación de los metales pesados.*

Fotografía 5. *Determinación de cenizas del olluco silvestre.*

Fotografía 6. *Determinación de los metales pesados.*

Apéndice 3. Certificados de análisis

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981
Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO Nº 0002 – LCC – UNCP - 2021

SOLICITANTE : **ARACELI EULOGIA HUAYLLA RAMÍREZ**
DIRECCIÓN : **ACOBAMBA.**

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA QUE NOS PROPORCIONO EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. Aborigineus)
TAMAÑO DE MUESTRA : 500g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 05/01/2021
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 12/01/2021
SOLICITUD DE SERVICIO : Nº 0002 – 2021

RESULTADOS:

1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL:

ANÁLISIS	RESULTADO
HUMEDAD (%)	81.95
CENIZA (%)	0.47
GRASA (%)	0.072
PROTEÍNA (%)	0.24
FIBRA (%)	0.03
CARBOHIDRATOS (%)	17.24

MÉTODO DE ENSAYO:
1. HUMEDAD : REF. NTP Nº [illegible]
2. GRASA : REF. NTP Nº [illegible]
3. PROTEÍNA : AOAC. 1998.
4. CENIZA : REF. NTP Nº [illegible]
5. FIBRA : REF. NTP Nº [illegible]
6. CARBOHIDRATOS : DIFERENCIA CALCULO MATEMÁTICO

LOS RESULTADOS SE RESTRINGEN A LA MUESTRA EVALUADA DESCONOCIÉNDOSE LAS CONDICIONES DE LA TOMA DE MUESTRA, CONSERVACIÓN, ASÍ COMO SU REPRESENTATIVIDAD PARA EL LOTE DETERMINADO.

LOS ANÁLISIS REALIZADOS FUERON SOLICITADOS EN FORMA ESPECÍFICA POR EL INTERESADO.

ADVERTENCIA:
EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO TIENE VIGENCIA 90 DIAS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN, APLICABLE PARA EL PRODUCTO, Y LAS CANTIDADES INDICADAS SIEMPRE Y CUANDO SE MANTENGAN LAS MISMAS CONDICIONES DE REALIZADO EL MUESTREO. LA CORRECCIÓN O ENMIENDA DEL DOCUMENTO ANULA AUTOMÁTICAMENTE SU VALIDEZ Y CONSTITUYE UN DELITO CONTRA LA FE PÚBLICA Y EL INFRACTOR ES SUJETO DE SANCIONES CIVILES Y PENALES POR DISPOSITIVOS LEGALES VIGENTES. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYO. LA MUESTRA PARA DIRIMENCIA DE ESTOS PRODUCTOS SE ALMACENARÁN POR 90 DIAS.

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 12 DE ENERO DEL 2021

Ing. Luis Arturo Mallqui
Gerente de Calidad
LCC - FIAIA - UNCP

Página 1/1

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Apéndice 4. Certificados de análisis

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

SERVICIOS DE LABORATORIO Y ASISTENCIA TÉCNICA; INSPECCIÓN Y ANÁLISIS

CIUDAD UNIVERSITARIA - AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ KM. 5 - TELF: 248152 Anexo 214 Telefax: 235981
Http://www.uncp.edu.pe

INFORME DE ENSAYO Nº 0003 – LCC – UNCP - 2021

SOLICITANTE : ARACELI EULOGIA HUAYLLA RAMÍREZ
DIRECCIÓN : ACOBAMBA.

EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU; CERTIFICA HABER RECEPCIONADO Y ANALIZADO UNA MUESTRA QUE NOS PROPORCIONO EL SOLICITANTE, CONSISTENTE EN:

PRODUCTO : OLLUCO SILVESTRE (*Ullucus tuberosus* subsp. Aborigineus)
TAMAÑO DE MUESTRA : 500g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 05/01/2021
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 12/01/2021
SOLICITUD DE SERVICIO : Nº 0003 – 2021

RESULTADOS:

1. **ANÁLISIS FISICOQUÍMICO:**

ANÁLISIS	RESULTADO
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (% Inhibición de radicales libres)	59.03
POLIFENOLES TOTALES (g AGE/100g de muestra)	18.29

MÉTODO DE ENSAYO:
1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE : AOAC, [illegible]
2. POLIFENOLES TOTALES : AOAC, [illegible]

[illegible]

ADVERTENCIA:
[illegible]

HUANCAYO, CIUDAD UNIVERSITARIA, 12 DE ENERO DEL 2021

[illegible]
GERENTE DE CALIDAD
LCC - FIIA - UNCP

Página 1/1

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias