



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA



Determinación de componentes fenólicos y antioxidantes en harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)”

Informe final de Integración Curricular, Modalidad: Proyectos de Investigación, previo la obtención del Título de Ingeniera Biotecnóloga, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación interinstitucional Universidad Técnica de Ambato-Universidad Politécnica de Valencia: “Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad. Concienciación de su valor nutritivo y funcional”, coordinado por Liliana Acurio, M.Sc. (UTA-CONIN-2022-0269-R).

Autora: Melanie Carolina Silva Aldaz

Tutor: Quim. Lander Vinicio Pérez Aldas

Ambato - Ecuador

Marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Quím Lander Pérez Aldas

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 09 de febrero del 2023.

Mg. Quím Lander Vinicio Pérez Aldas

C.I: 1802706596

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Melanie Carolina Silva Aldaz, manifiesto que los resultados obtenidos en el Informe Final de Integración Curricular, modalidad proyecto de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga son absolutamente auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Melanie Silva', with a large, stylized flourish extending to the right.

Melanie Carolina Silva Aldaz

C.I. 1805471933

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido, elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente de tribunal

Dr. Irvin Ricardo Tubon Usca

C.I:0604250357

Ing. María Daniela Garcés Moncayo MSc.

C.I:1803571585

Ambato, 08 de Marzo del 2023

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Informe Final de Integración Curricular o parte de este, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final de Integración Curricular, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Melanie Silva', with a large, stylized flourish at the end.

Melanie Carolina Silva Aldaz

C.I. 1805471933

AUTORA

DEDICATORIA

A mi motor, mi ejemplo, a los que se desvelaban conmigo, a los que siempre confiaron en mí y han estado en todo este trayecto, mis padres, sin duda sin ellos no hubiera cumplido una meta más en mi vida.

A mi prima Paty que es como mi hermana mayor, su apoyo ha sido fundamental, su cariño, su gran corazón, ella me ha enseñado a luchar por mis sueños y no rendirme.

A mis ángeles Papá Alejandro y Toñito que me dejaron un gran ejemplo de amor y perseverancia, si su niña lo logro.

A mis mascotas, que más que mis mascotas, son mi familia, Sparquie 🐾 ,
Chiripa 🐾 , Choco, Chispa y Chimuelo que son la alegría de la casa.

A mi familia que siempre han estado, para sacarme una sonrisa o simplemente escucharme.

Melanie Silva A

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por permitirme llegar a este momento, por las experiencias vividas, por protegerme y darme fortaleza en todas las etapas de mi vida.

Quiero expresar mi agradecimiento a quienes hicieron posible terminar este proyecto de investigación:

Denis y Silvia mis padres, no me cansare de agradecerles por todo el esfuerzo, la paciencia y el cariño que siempre me han brindado, por estar a mi lado, esas noches en las que me quería rendir, pero ahí estaban ustedes, dándome ánimo, diciéndome ya falta poco tú puedes, mil gracias los amo con todo mi corazón.

A Paty y Terry por su apoyo incondicional a pesar de la distancia, gracias por siempre estar, por su esfuerzo, por los consejos y por todo el cariño que me brindan.

A mis mascotas, que son mi familia, Sparquie 🐾, Chiripa 🐾, Choco, Chispa y Chimuelo, por hacer de mis días los mejores, por ser los mejores desestresantes de todo el mundo y su compañía en esas tardes de tareas interminables.

A mi tutor, Mg. Quím. Lander Pérez, por su asesoramiento, confianza, paciencia, ayuda y predisposición en la ejecución de este proyecto.

Al grupo de Investigación G+ Biofood and Engineering de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología y a todos quienes formaron parte del proyecto de investigación interinstitucional Universidad Técnica de Ambato-Universidad Politécnica de Valencia: “Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad. Concienciación de su valor nutritivo y funcional”

A mis amigos y compañeros que me brindaron grandes e inolvidables momentos de la etapa universitaria y como no nombrar a los que siempre estuvieron Katy, Dani, Fran, Joss y Sol gracias por su amistad.

A la Universidad Técnica de Ambato y a mi querida Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por permitirme estudiar en sus aulas y pasar horas en sus laboratorios, sin duda la mejor etapa la viví en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBANCIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESÚMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Desnutrición y sobrenutrición problemática en la salud pública	1
1.1.2. Cultivos Andinos en el Ecuador	2
1.1.3. Papa china.....	3
1.1.4. Zanahoria blanca.....	7
1.1.5. Compuestos fenólicos	12
1.1.6. Identificación de compuestos fenólicos por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).....	15
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos.....	16
CAPITULO II.....	17

METODOLOGÍA.....	17
2.1. Materiales.....	17
2.1.1. Material vegetal	17
2.1.2. Equipos de laboratorio	17
2.1.3. Materiales de laboratorio	18
2.1.4. Insumos de laboratorio.....	19
2.1.5. Reactivos de laboratorio	19
2.1.6. Materiales de escritorio.....	20
2.2. Métodos.....	20
2.2.1. Obtención de materia prima.....	20
2.2.2 Preparación del material vegetal.....	20
2.2.3. Deshidratación de los cultivos	21
2.2.4. Obtención de harina de papa china y zanahoria blanca	21
2.2.5. Obtención de extractos metanólicos de harina de papa china y zanahoria blanca.....	22
2.2.6. Determinación de compuestos fenólicos por HPLC	23
2.2.7. Determinación de capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).....	24
2.2.8. Análisis estadístico.....	26
CAPITULO III.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	28
3.1.1. Determinación de compuestos fenólicos en harina de papa china y zanahoria blanca.....	28
3.1.2. Actividad antioxidante evaluada por el método DPPH	36
3.1.3. Relación de componentes fenólicos y capacidad antioxidante como elementos nutritivos en la dieta.....	39
CAPITULO IV	43

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 43

4.1 Conclusiones 43

4.2. Recomendaciones 44

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Cultivo de papa china 4

Gráfica 2 Cultivo de zanahoria blanca..... 8

Gráfica 3 Protocolo de preparación de material vegetal 21

Gráfica 4 Protocolo de deshidratación del material vegetal 21

Gráfica 5 Protocolo de obtención de harina de papa china y zanahoria blanca..... 22

Gráfica 6 Protocolo para la obtención de extractos metanólicos..... 23

Gráfica 7 Determinación de compuestos fenólicos por Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC UV/VIS 24

Gráfica 8 Proceso de preparación de reactivo DPPH y estándar Trolox. 25

Gráfica 9 Determinación de capacidad antioxidante ensayo DPPH..... 26

Gráfica 10 Cromatograma obtenido de la muestra de harina de zanahoria blanca..... 29

Gráfica 11 Cromatograma obtenido de la muestra de harina de papa china 34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la Papa China 5

Tabla 2 Composición química de Papa China por cada 100 g de materia comestible 6

Tabla 3 Taxonomía de Zanahoria Blanca 10

Tabla 4 Composición química de zanahoria blanca por 100 g de porción comestible 11

Tabla 5 Enfermedades que previene el consumo de zanahoria blanca y aspectos que mejoran la salud del consumidor. 12

Tabla 6 Material vegetal 17

Tabla 7 Equipos de laboratorio 17

Tabla 8 Materiales de laboratorio 18

Tabla 9 Insumos de laboratorio..... 19

Tabla 10 Reactivos de laboratorio 19

Tabla 11 Materiales de laboratorio 20

Tabla 12. Listado de compuestos fenólicos identificados según el tiempo de retención en harina de zanahoria blanca.....	30
Tabla 13 Listado de compuestos fenólicos identificados según el tiempo de retención en harina de papa china.	35
Tabla 14. Porcentaje de inhibición de radicales DPPH de cada replica realizada en el ensayo DPPH de harina de zanahoria blanca y papa china.	36
Tabla 15 Resultados obtenidos del análisis estadístico.....	39

RESÚMEN

En la actualidad un problema de salud pública es la presencia simultánea de desnutrición y sobrepeso, el 11 por ciento de niños menores de 5 años en América Latina y el Caribe presentan graves problemas de desnutrición y el 7 por ciento presentan problemas de sobrepeso, en Ecuador se ha evidenciado la a padecer desnutrición y sobrepeso, esto se relaciona directamente con las dietas actuales, que son ricas en grasas, azúcar y sal, por lo cual, este trabajo se centró en determinar y destacar los compuestos fenólicos presentes en cultivos andinos como la Papa China y Zanahoria Blanca y determinar su capacidad antioxidante. La harina es uno de los principales productos en el área de los alimentos, por lo cual, se determinó los compuestos fenólicos presentes en harina de Papa China y Zanahoria Blanca mediante el análisis de HPLC UV Visible y se determinó la capacidad antioxidante de estas matrices alimenticias por el ensayo DPPH, donde se identificó Ácido malónico, Ácido protocatéquico, Ácido ferúlico hexóxido, Ácido Gálico, Ácido 3-O- cafeoilquínico, Rutina, Ácido 5-O-cafeoilquínico, Quinol, Ácido quínico, Ácido p-cumárico, Ácido clorogénico y Ácido cafeico, mismos que, son considerados nutraceuticos de gran importancia al presentar grandes beneficios para la salud, sobre todo para la prevención de enfermedades crónicas como, diabetes II, enfermedades cardiacas, obesidad y el síndrome metabólico, gracias a sus propiedades antioxidantes, obteniéndose un porcentaje de inhibición de radicales DPPH de 24,29 por ciento para la harina de zanahoria blanca y 18,61 por ciento para la harina de papa china.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, Cromatografía HPLC UV/VIS, Capacidad antioxidante, DPPH, Harina Papa China y Zanahoria Blanca.

ABSTRACT

Currently, a public health problem is the simultaneous presence of malnutrition and overweight, 11 percent of children under 5 years of age in Latin America and the Caribbean present serious malnutrition problems and 7 percent present overweight problems, in Ecuador it has been evidenced the tendency to suffer from malnutrition and overweight, This is directly related to the current diets, which are rich in fats, sugar and salt, therefore, this work focused on determining and highlighting the phenolic compounds present in Andean crops such as the Chinese Potato and White Carrot and determining their antioxidant capacity. Flour is one of the main products in the food area, therefore, the phenolic compounds present in flour of Chinese Potato and White Carrot were determined by HPLC UV/VIS analysis and the antioxidant capacity of these food matrices was determined by DPPH assay, where malonic acid, protocatechuic acid, hexoxide ferulic acid, gallic acid, 3- O-caffeoylquinic acid, rutin, 5-O-caffeoylquinic acid, quinol, quinic acid, p-coumaric acid, p-coumaric acid, p-coumaric acid, p-coumaric acid, p-coumaric acid and p-coumaric acid were identified, p-coumaric acid, chlorogenic acid and caffeic acid, which are considered nutraceuticals of great importance as they have great health benefits, especially for the prevention of chronic diseases such as diabetes II, heart disease, obesity and metabolic syndrome, thanks to their antioxidant properties, obtaining an inhibition percentage of DPPH radicals of 24.29 percent for the white carrot flour and 18.61 percent for the Chinese potato flour.

Key words: Phenolic compounds, Chromatography, HPLC UV/VIS, Antioxidant capacity, DPPH, Flour, Chinese potato and white carrot.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Desnutrición y sobrenutrición problemática en la salud pública

En la actualidad se ha evidenciado la presencia simultanea de desnutrición y sobrenutrición, lo cual, es considerado una de las principales incongruencias de la salud pública a nivel mundial, según menciona la **OMS (2017)** la desnutrición, el sobrepeso y la obesidad afectan alrededor de un tercio de la población mundial, mismos que están íntimamente relacionados con factores como la urbanización, la globalización, el crecimiento o carencia económica.

Según un análisis realizado por **Pogge et al. (2015)** el 11% de niños menores de 5 años en América latina y el caribe presentan problemas de desnutrición y 7% tienen problemas de sobrepeso, según menciona **Popkin et al. (2012)** estas tendencias están relacionadas directamente con los patrones dietéticos, puesto que, las dietas actuales son ricas en productos altamente procesados, con alto contenido de grasa, azúcar y sal, además, de los cambios en la vida cotidiana donde, se ha reducido la actividad física y las actividades recreativas (**Hallal et al., 2012**). Además, se ha visto una escala significativa de enfermedades crónicas en la población mundial.

En Ecuador se evidencia la misma problemática a nivel mundial, las madres y niños ecuatorianos presentan la tendencia a padecer desnutrición o sobrepeso, considerándose un grave problema de salud pública (**Freire et al., 2018**), ya que, si bien no se ha eliminado los alimentos sin procesar o mínimamente procesados, pero si se ha disminuido considerablemente su consumo, dejando en evidencia, el incumplimiento de la seguridad alimentaria, esto se puede dar por diversos factores, siendo uno de ellos el consumo de alimentos con poco contenido nutricional, la alta demanda en la comida rápida y el nivel

de pobreza, además, de productos alimenticios bajos en nutrientes o el uso de procesos de elaboración que generan la pérdida de compuestos nutricionales de alto valor.

Para buscar la seguridad y soberanía alimentaria en cada país se crearon las Guías Dietéticas Nacionales Basadas en Alimentos (FBDG, por sus siglas en inglés), estas brindan consejos sobre dietas y estilos de vida saludables, basadas en pruebas científicas, prioridades de nutrición y salud pública, tomando en cuenta patrones de producción y consumo de alimentos, influencia sociocultural, composición, accesibilidad, entre otros factores (FAO, 2022). Según menciona **Cámara et al. (2021)**, estas guías proponen un conjunto de recomendaciones para la dieta de una población con el fin de prevenir la desnutrición, sobrenutrición y enfermedades crónicas como la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer.

Las guías alimentarias nacionales e internacionales dentro de sus recomendaciones coinciden en dietas basadas en alimentos de origen vegetal, dentro de los cuales se encuentran los tubérculos en su estado natural, cocidos o procesados mínimamente, puesto que, son una fuente importante de energía, según las recomendaciones se debería consumir de 4 a 6 porciones diarias de tubérculos (MSP & FAO, 2018).

1.1.2. Cultivos Andinos en el Ecuador

Los cultivos andinos ecuatorianos en la actualidad se encuentran en un área aproximada de 150 000 hectáreas y se estima que alrededor de 500 000 familias se dedican al cultivo de estos en parcelas de diversas dimensiones para el autoconsumo o comercio. Los cultivos andinos poseen una gran importancia en la nutrición, puesto que, contribuyen al aumento de la variedad de alimentos, mejoran el nivel nutricional de los consumidores, haciendo dietas más sabrosas y variadas con una mejor combinación de proteínas, vitaminas, minerales y fibra, varios de estos cultivos son de fácil almacenamiento, resisten a las sequías, aumentan la productividad de otros cultivos y elevan la fertilidad del suelo (Valdivieso, 2012).

Desde el punto de vista nacional estos cultivos contribuyen a la seguridad y soberanía alimentaria, con alimentos de calidad, debido a que: aumentan la disponibilidad de alimento, reducen las importaciones de alimento, estimulan la creación de agroindustrias grandes y pequeñas y pueden ser una fuente de divisas al exportar los cultivos o sus productos derivados.

El redescubrimiento de los cultivos andinos y el destacar su importancia, podría contribuir a paliar los problemas de desnutrición, sobrenutrición, pobreza y hambre en las zonas más desfavorecidas del mundo y menorar o erradicar la dependencia excesiva a ciertos cultivos, que amenaza la seguridad alimentaria y debilita nuestro sistema inmunológico, en una época en la que somos más susceptibles a padecer enfermedades **(MSP & FAO, 2018)**.

1.1.3. Papa china

1.1.3.1.Generalidades

El nombre con el que se conoce a la especie vegetal *Colocasia esculenta* comúnmente es “Papa China”, esta es una planta que produce un bulbo o tubérculo subterráneo conocido como cormo, mismo que es altamente comestible, tanto para consumo humano como animal. La palabra cormo se deriva del griego antiguo “Kormos” cuya definición es tronco de planta, los bulbos de este cultivo se forman al final del tallo **(Lasso, 2020)**.

Varias investigaciones consideran que la papa china fue de las primeras especies vegetales en ser cultivadas por el ser humano en el período neolítico. Este cultivo es originario de la región Indo-Malaya, desde donde se esparció al este y sudeste de Asia, Isla del Pacífico y África, luego fueron llevadas al Caribe y las Américas **(Onwueme, 1999)**. Según menciona **Muñoz (2019)**, una característica importante para el cultivo de papa china es la humedad, este cultivo requiere altas precipitaciones y bien distribuidas de 1800 a 2000 mm anuales, puesto que, al tener precipitaciones bajas el cormo tiende

a reducirse, por otro lado, según **FAO (2020)** necesita de temperaturas de clima tropical y subtropical de 25 a 35 °C, en cuanto a pH prefiere un suelo ligeramente ácido que oscile entre los 5.5 a 6.5.

Gráfica 1

Cultivo de papa china



Nota: Imagen tomada de **FAO (2020)**.

1.1.3.2. Usos

El principal uso de la papa china es en la dieta de consumo humano o animal, se consume el cormo o parte rizomatosa, estos son consumidos cocidos, fritos o como harina, cabe destacar que en el ámbito nutricional las papas son fuente esencial de energía proteína y micronutrientes, tales como hierro, zinc y vitamina C, además, son una excelente fuente potasio y posee capacidad antioxidante (**Haan et al., 2019**).

La papa china es considerada superior a la papa, puesto que, contiene mayor contenido de proteínas, calcio y fósforo, además, el contenido de vitamina B es el doble del presente en la papa. Este cultivo también posee mayor cantidad de complejo B que la leche en su forma entera, en cuanto al almidón presente, al estar en granos finos lo hace más fácil de digerir tanto a humanos como animales, este almidón es utilizado en la industria de los alimentos para la elaboración de comida para bebe, además de ser usado en la producción de pastas o cárnicos como salchichas (**Lasso, 2020**).

En cuanto a la dieta de animales la papa china según estudios realizados ha dejado en evidencia que tiene un gran potencial para convertirse en un sustituto del concentrado comercial en la alimentación de peces, reduciendo los costos de producción. De la misma forma se ha evidenciado que el ensilaje de papa china tiene potencial para la alimentación de cerdos desde etapas iniciales (**Caicedo et al., 2014**).

1.1.3.3. Taxonomía

La papa china pertenece al género *Colocasia*, y se encuentra dentro de la subfamilia *Colocasioideae* de la familia de las monocotiledóneas *Araceae*. Este cultivo crece hasta una altura de 1 a 2 m, posee un cormo central mismo que se encuentra debajo de la superficie del suelo, desde el cual, crecen las hojas hacia arriba, las raíces crecen hacia abajo y los cormos, cormos hijos y estolones crecen de forma lateral (**Onwueme, 1999**).

Tabla 1

Taxonomía de la Papa China

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Alismatales</i>
Familia	<i>Araceae</i>
Género	<i>Colocasia</i>
Especie	<i>Colocasia esculenta</i>

Nota: La taxonomía presentada fue tomada del Sistema Integrado de Información Taxonómica (**ITIS, 2022b**).

1.1.3.4. Composición Química

Los tubérculos son una fuente importante de energía por los carbohidratos que posee, y son utilizados como alimentos básicos en la dieta de pueblos ancestrales en países tropicales y subtropicales (**Leidi et al., 2018**), uno de estos tubérculos es la papa china, con un alto porcentaje de almidón que permite una absorción lenta de glucosa y ayuda a reducir los niveles de riesgo a padecer obesidad, diabetes y otras enfermedades relacionadas.

En cuanto a su composición química se tiene un 41,27 a 61,44 % de almidón, también posee calcio, fósforo, hierro, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina, además, poseen alto contenido de potasio y magnesio que oscila entre 2251 y 4143 mg/100 g y 118 a 219 mg/100 g de materia seca respectivamente y un alto contenido en fibra y minerales (**Kaushal et al., 2015**).

Tabla 2

Composición química de Papa China por cada 100 g de materia comestible

Componente	Contenido (%)
Humedad	63-85
Carbohidratos	13-29
Proteínas	1,4-3
Grasa	0,16-0,36
Fibra	0,60-1,18
Ceniza	0,60-1,3
Vitamina C	7-9 mg/100g
Tiamina	0,18 mg/100g
Riboflavina	0,04 mg/100g
Niacina	0,9 mg/100g

Nota: La composición química fue recopilada de (**Kaushal et al., 2015**)

1.1.3.5. Beneficios de su consumo

Los tubérculos son importantes en la dieta diaria, puesto que dotan de energía por su alto contenido en carbohidratos, uno de ellos es el almidón, presente en la papa china, mismo que ha demostrado un alto potencial para reducir el riesgo de obesidad, diabetes y otras enfermedades (Cornejo et al., 2022), puesto que, se ha evidenciado una digestión lenta de este en el tracto gastrointestinal humano, lo que genera una liberación y absorción lenta de glucosa (Liu et al., 2006), por otro lado es importante destacar que los tubérculos como este cultivo no poseen gluten, que es un factor importante al considerarlo como fuente de carbohidratos, ya que al ser una fuente de carbohidratos sin gluten permite reducir la incidencia de la enfermedad celíaca u otras reacciones alérgicas (Kaushal et al., 2015).

La fácil digestibilidad, además de sus propiedades hipoalergénicas convierten a la papa china en un cultivo único, con un complemento más amplio y completo de vitaminas y nutrientes, excelente para el consumo de bebés, niños y adultos, aunque se considera que el cormo de la papa china es una fuente pobre de ácido ascórbico y caroteno se ha visto que el consumo de este puede proteger contra enfermedades crónicas, dentro de las cuales están ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Kaushal et al., 2015).

1.1.4. Zanahoria blanca

1.1.4.1. Generalidades

El nombre común con el que se le conoce a la especie vegetal *Arracacia xanthorrhiza* en Ecuador es zanahoria blanca, perteneciente a la familia apiáceas. A pesar de que el género *Arracacia* es considerado particular de México, en la actualidad los principales productores de este cultivo son Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela, las áreas de producción se extienden desde Venezuela hasta el sur de Bolivia y la producción del cultivo comercializada es proveniente del norte de Ecuador (Lim, 2015).

La zanahoria blanca se adapta a un sinnúmero de ambientes, que pueden ser montañosos, mesotérmicos y tropicales, mismos que están libres de heladas que pueden afectar la producción del cultivo, es una excelente fuente de carotenoides, vitaminas y fibra dietética, además, de ser rica en antioxidantes y minerales (**Que et al., 2019**) la planta crece en altitudes que oscilan de 600 a 3600 m, considerando como altitudes optimas entre 1800 y 2500 m, en Ecuador su cultivo se da entre los 1500 a 300 m de altitud. En cuanto a la temperatura, esta crece a una temperatura de 14 a 21 °C y precipitaciones medias, cabe destacar que este cultivo es intolerable a las heladas y a la temperatura superior a 25°C. los suelos en los que crece son arenosos, fértiles y ricos en materia orgánica, el pH de preferencia se encuentra en un rango de 5 a 6, los suelos preferidos del cultivo son los volcánicos (**Lim, 2015**).

Según la investigación realizada por **Salazar et al. (2021)** este cultivo posee un alto valor nutritivo, por lo que, el consumo de zanahoria blanca es recomendado en dietas de niños, ancianos y enfermos en recuperación, cabe resaltar que su conservación va de 4 a 6 días, ya que, presenta una actividad enzimática alta, además, su transporte presenta dificultades, ya que, el cultivo tiende a sufrir daños por su alto contenido acuoso.

Gráfica 2

Cultivo de zanahoria blanca



Nota: Imagen tomada de (**Lim, 2015**).

1.1.4.2. Uso

Según **Lim (2015)**, la zanahoria blanca es una raíz que es de consumo popular sobre todo en América del Sur y América Central, se comen hervidas o como ingredientes que forman parte de un platillo como sopas, guisos, pures, pasteles, entre otros. La corona de estas raíces es usada como forraje para animales, sus hojas secas saben utilizarse para preparar harina para el alimento del ganado (**FAO, 2012**).

Según un estudio realizado por **Medina et al. (2012)**, se evidencio que el almidón de la zanahoria blanca puede acetilarse u oxidarse con lo que puede usarse para producir películas biodegradables para conserva de alimentos, tales como, carne y vegetales, también es aplicada en el área de alimentos para la producción de galletas o en la producción de una bebida láctea instantánea al adicionar ácido fólico.

En el campo medicinal, este cultivo es usado para la extracción de vitaminas y carotenoides que actúan como antioxidantes y anticancerígenos, además de servir como cicatrizante intestinal (**Medina et al., 2012**).

1.1.4.3. Taxonomía

La zanahoria blanca pertenece al género *Arracacia*, y se encuentra dentro de la subfamilia *Apiodeae*, de la familia de las plantas herbáceas *Araceae*. La altura de este cultivo puede oscilar entre 0.50 a 1.50 m, las raíces poseen formas ovoides, cónicas y fusiformes de color blanco, su tamaño puede variar de 8 a 20 cm de longitud, la germinación de las semillas es lenta esto se debe a la presencia de patógenos (**Mazón et al., 1996**).

Tabla 3

Taxonomía de Zanahoria Blanca

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Apiales</i>
Familia	<i>Apiáceas</i>
Género	<i>Arracacia</i>
Especie	<i>Arracacia</i> <i>xanthorrhiza</i>

Nota: La taxonomía presentada fue tomada del Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS, 2022a).

1.1.4.4. Composición química

La zanahoria blanca también conocida como arracacha es considerada una fuente de vitamina A y C, además, de minerales como potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y zinc, también es rica en niacina y ácido ascórbico, por su contenido en hierro es un alimento considerado fundamental para evitar la anemia (Mikuy & Mikuy, 2010).

Esta raíz posee por cada 100 g 100 calorías, de los cuales 84 g corresponden a agua y 26 g son netamente materia seca, posee un alto contenido de almidón resistente concentraciones relevantes de carotenoides y provitaminas, además, de compuestos fenólicos con actividad anticancerígena, anticolesterolémica y diurética (Salazar et al., 2021).

Tabla 4*Composición química de zanahoria blanca por 100 g de porción comestible*

Componente	Contenido
Humedad	73 – 75 %
Carbohidratos	24.7 – 28.70 %
Proteínas	0.11 – 0.9 %
Grasa	0.2 – 0.36 %
Fibra	0.75 – 0.95 %
Ceniza	1.2 – 1.4 %
Almidón	67.6 – 69.2 %
Potasio	02.1 – 2.4 mg
Calcio	29.2 – 34.2 mg
Calorías	103 – 105 cal
Fosforo	45 – 88 mg
Magnesio	62.1 – 64 mg
Hierro	8 – 10 mg
Tiamina	0.1 mg
Niacina	4.15 – 4.45 mg
Vitamina A	1.75 – 1.77 mg
Ácido ascórbico	22 – 24 mg

Nota: La composición química se obtuvo de (Lim, 2015).

1.1.4.5. Beneficios de su consumo

La zanahoria blanca aporta numerosos beneficios de mantenimiento de la salud y prevención de diversas enfermedades a quienes la consumen, su composición rica en fibra dietética, carotenoides, antocianinas y flavonoides, dan a este cultivo la capacidad de dotar de buena salud a sus consumidores. Es importante destacar que la zanahoria blanca tiene un alto valor nutricional gracias a su porcentaje de vitaminas, además, la zanahoria es considerada la verdura con mayor contenido de provitamina A (Nagraj et al., 2020).

Tabla 5

Enfermedades que previene el consumo de zanahoria blanca y aspectos que mejoran la salud del consumidor.

Prevención de enfermedades	Mejora
Coronaria	Vista
Pulmonar obstructiva	Sistema inmune
Hipertensión	Salud digestiva
Cáncer	Regulación de azúcar en sangre
Cataratas	Nivel de colesterol
Ceguera nocturna	
Diabetes	
Degeneración muscular	
Derrame cerebral	

Nota: Esta tabla fue tomada del artículo de (Nagraj et al., 2020).

Según menciona **Narayan y Venkataraman (2000)**, las antocianinas y los carotenos son los principales pigmentos que poseen capacidad antioxidante que genera beneficios en la salud humana, los compuestos fenólicos son uno de los compuestos químicos de interés, estos son los principales compuestos involucrados en la prevención de distintos tipos de cáncer como el linfático, de mama, próstata, entre otros.

1.1.5. Compuestos fenólicos

1.1.5.1.Generalidades

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios o bioactivos de plantas, que están ampliamente distribuidos, estos influyen en el sabor, apariencia y valor nutricional de frutas y verduras (**Gómez Maqueo et al., 2020**). La presencia de estos en las frutas y verduras incluidas en la dieta ayudan a mejorar la salud humana y la conservación de estos compuestos en los alimentos desde el punto de vista nutricional es de suma importancia (**Wiktor et al., 2019**).

Diferentes estudios epidemiológicos han dejado en evidencia la correlación existente entre el alto consumo de frutas y verduras y la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles, se ha sugerido que estos beneficios se dan por la presencia de los compuestos fenólicos que son fitoquímicos antioxidantes por su potencial terapéutico dentro de las propiedades biológicas que poseen los compuestos fenólicos esta la actividad antioxidante, antiinflamatoria, reducción de estrés oxidativo, riesgo de obesidad y trastornos del síndrome metabólico que permiten la eliminación de especies reactivas de oxígeno (ROS) (**de Araújo et al., 2021**), que son los responsables de este tipo de enfermedades y con ello neutralizar los efectos negativos.

Los compuestos fenólicos son considerados el segundo grupo de compuestos orgánicos más importantes y abundantes en el reino vegetal, mismos que, cumplen con diferentes funciones tales como soporte estructural, protección contra la radiación UV, estrés biótico o abiótico, protección de patógenos, entre otras. Estos se sintetizan a través de dos vías metabólicas principales que son la vía del ácido shikimico y la vía del ácido malónico, es importante mencionar que la vía del ácido shikimico es la responsable de la obtención de los precursores de la mayoría de los compuestos fenólicos existentes en vegetales (**Vargas-Ramella et al., 2021**).

Todos los compuestos fenólicos poseen al menos un anillo aromático con un grupo hidroxilo, se pueden clasificar en flavonoides y no flavonoides, donde los flavonoides son los compuestos más abundantes en frutas y verduras, representan casi dos tercios de los compuestos fenólicos dietéticos, dentro de la clasificación no flavonoides el grupo de mayor relevancia es el de los ácidos fenólicos al referirse a frutas, verduras y productos comestibles, estos ácidos representan casi un tercio de los compuestos fenólicos dietéticos, por lo cual, los flavonoides junto con los ácidos fenólicos son los compuestos fenólicos de mayor abundancia en los productos comestibles y los principales autores de los beneficios en la salud del ser humano (**de la Rosa et al., 2019**)

1.1.5.2.Capacidad antioxidante

La evidencia que han arrojado diversas investigaciones sobre la participación del estrés oxidativo en trastornos y enfermedades ha captado la atención de científicos y de la población en el consumo de productos que posean antioxidantes, por sus grandes beneficios sobre la salud humana (**Pérez Jiménez & Torres, 2011**). Algunos antioxidantes son proteínas y enzimas, por otro lado, otros son moléculas pequeñas, estos pueden clasificarse en cuatro grupos que son: preventivos, secuestrantes, reparadores y de novo. Los principales antioxidantes que han tomado mayor relevancia han sido los de origen natural, es decir los presentes en alimentos tales como frutas, verduras, hortalizas, entre otras (**Niki, 2010**).

Según **Rojas-Ocampo et al. (2021)**, los antioxidantes que son más investigados son los preventivos, estos actúan como defensa de primera línea, se encargan de suprimir las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, los antioxidantes de la clasificación denominada como secuestrante se encarga de eliminar las especies activas de forma eficiente, antes de que estas ataquen a las moléculas biológicas esenciales, considerados como la defensa de segunda línea, diversos compuestos antioxidantes ejercen sus funciones en el sitio indicado y son considerados una red de defensa total.

La capacidad antioxidante de un alimento está relacionada directamente con los efectos sinérgicos entre los compuestos fenólicos presentes, es decir, los cultivos que poseen una mayor cantidad de compuestos fenólicos tendrán una mayor actividad antioxidante (**Rojas-Ocampo et al., 2021**). Esta capacidad depende de los factores estructurales de los compuestos fenólicos, tales como el número y posición de los grupos hidroxilo (OH), por otro lado, algunas investigaciones suponen que la actividad antioxidante puede depender también del tipo de solvente aplicado en la etapa de extracción, es importante mencionar que, no existe un método universal para la determinación de capacidad antioxidante (**Gupta, 2015**).

1.1.6. Identificación de compuestos fenólicos por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

1.1.6.1.Generalidades

Al ver el creciente interés por la detección de compuesto fenólicos en alimentos, se han tomado en cuenta varios métodos de extracción y detección, uno de los métodos de química analítica que ha sido el preferido para estas detecciones es la Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC). Resulta fundamental la aplicación de métodos analíticos validados y caracterizados para la obtención de resultados confiables, que permitan una adecuada interpretación de los datos obtenidos (**F. Giusti et al., 2017**).

La cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) por sus características y condiciones de trabajo, que permite analizar un considerable volumen de muestra en un tiempo corto, es la metodología más aplicada para la detección de fármacos o compuestos orgánicos como compuestos fenólicos, por lo cual, es mencionado como un método económico y rápido para la cuantificación de analitos de interés (**Sanabria et al., 2017**).

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el contenido de componentes fenólicos y la capacidad antioxidante presentes en harina de papa china y zanahoria blanca.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los componentes fenólicos presentes en harina de papa china y zanahoria blanca.
- Analizar la capacidad antioxidante presente en harina de papa china y zanahoria blanca mediante DPPH.
- Establecer la relación de componentes fenólicos y antioxidantes como elementos nutritivos en la dieta de los consumidores.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Material vegetal

En la tabla 6 se encuentra el material vegetal usado para la elaboración de harina y los pesos adquiridos.

Tabla 6

Material vegetal

Detalle	Cantidad (Kg)
Papa China (<i>Colocasia esculenta</i>)	10
Zanahoria Blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	10

2.1.2. Equipos de laboratorio

En la tabla 7 se detalla los equipos de laboratorio usados para la elaboración de la harina de papa china y zanahoria blanca, además, de los equipos usados para identificar los compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante, mediante los métodos propuestos en el presente análisis.

Tabla 7

Equipos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Rotavapor IKA HB100	1
Rotavapor EYELA 05b-2100	1
Espectrofotómetro FISHER SCIENTIFIC	1
Balanza analítica	1
Balanza de humedad	1

Deshidratador Rospc FD-1200E	1
Deshidratador por convección CABELAS	1
Molino eléctrico HAMILTON BEACH	2
Molino eléctrico DAEWOO	1
pH-metro ACCUMENT AB200	1
Refrigerador INDURAMA	1
Bomba al vacío GAST IHAB-25B-M100X	1
Cromatógrafo líquido de alta eficiencia HPLC	1

2.1.3. Materiales de laboratorio

En la tabla 8 se enlistan los materiales necesarios para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 8

Materiales de laboratorio

Detalle	Cantidad
Botellas plásticas de 1L	4
Probeta 50 ml	1
Probeta 100 ml	1
Kitasato 500 ml	1
Embudo Buchner	1
Tubos Falcon 15 ml	4
Tubos Falcon 50 ml	2
Vasos de precipitación 50 ml	2
Balón de aforo 100 ml	1
Micropipeta 20 – 200 μ L	1
Micropipeta 100 – 1000 μ L	1
Gradilla	1
Placa de 96 pocillos	1

2.1.4. Insumos de laboratorio

En la tabla 9 se encuentran los insumos de laboratorio necesarios en este análisis junto con las cantidades de cada uno de ellos.

Tabla 9

Insumos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Guantes de nitrilo	1 caja
Papel aluminio	1 rollo
Papel Filtro	1 rollo
Alcohol antiséptico	1 frasco 1L
Cinta adhesiva	1 unidad
Puntas para micropipetas	1 caja

2.1.5. Reactivos de laboratorio

En la tabla 10 se detalla los reactivos necesarios para llevar a cabo cada uno de los análisis propuestos en el presente estudio.

Tabla 10

Reactivos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Metanol 99 % (casa del químico Ambato)	2 L
Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) (Espectrocrom Guayaquil)	0,0125 g
DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (Espectrocrom Guayaquil)	0,0059 g
Agua destilada	2 L
Ácido gálico (3,4,5 ácido trihidroxibenzoico) 98% (Laboratorio Cevallos Guayaquil)	30 µL
Acetonitrilo 100% (Espectrocrom Guayaquil)	10 ml

2.1.6. Materiales de escritorio

En la tabla 11 se enlista los materiales de laboratorio extra usados

Tabla 11

Materiales de laboratorio

Detalle	Cantidad
Cuaderno de laboratorio	1
Rotulador	1
Calculadora	1
Computadora DELL Inspiron 15 5000	1

2.2. Métodos

2.2.1. Obtención de materia prima

Los cultivos de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), se obtuvieron en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, se adquirió 10 kg de cada cultivo. Este material vegetal fue almacenado en fundas aislantes y trasladado a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB).

2.2.2 Preparación del material vegetal

Las matrices fueron lavadas con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza presente en el cultivo posteriormente se pelaron y se cortaron en láminas de aproximadamente 2 mm de grosor, estas laminas fueron sometidas a un proceso de choque térmico como pretratamiento con microondas a una potencia de 750 W por un tiempo de 20 segundos, posteriormente se colocaron las rodajas de los cultivos en agua fría por un tiempo de 20 a 30 segundos, según **Torre y Covadonga (2002)** y **Cardona Serrate (2020)** este proceso permite evitar el pardeamiento generado por acción enzimática o química (no microbianas).

Gráfica 3

Protocolo de preparación de material vegetal



2.2.3. Deshidratación de los cultivos

Una vez realizado el pretratamiento de choque térmico, en base a la metodología descrita por **Salazar et al. (2021)**, las rodajas de zanahoria blanca y papa china fueron deshidratadas en un Deshidratador Rospc FD-1200E y Deshidratador por convección CABELAS respectivamente, a una temperatura de 65 °C por un tiempo 8 Horas, para lo cual, en cada bandeja del deshidratador se colocaron las láminas de papa china y zanahoria blanca de forma ordenada, evitando que las rodajas estén unas sobre otras, para que el proceso de deshidratación sea exitoso, con el fin de obtener niveles bajos de humedad, al ser estos procesados.

Gráfica 4

Protocolo de deshidratación del material vegetal



2.2.4. Obtención de harina de papa china y zanahoria blanca

Obtenidas las láminas de papa china y zanahoria blanca deshidratadas, se siguió la metodología propuesta por **Salazar et al. (2021)**, las rodajas deshidratadas se colocaron en dos Molinos eléctricos de marca HAMILTON BEACH y DAEWOO, en los cuales se trituro las láminas deshidratadas en 3 intervalos de 10 segundos cada uno, con el fin de

evitar que las matrices aumenten su temperatura provocando la desnaturalización de los compuestos orgánicos de interés.

Gráfica 5

Protocolo de obtención de harina de papa china y zanahoria blanca



2.2.5. Obtención de extractos metanólicos de harina de papa china y zanahoria blanca

La obtención de los extractos metanólicos se realizó en base a la metodología de **Dueñas et al. (2015)**, con ciertas modificaciones. Se pesó 10 g de cada una de las harinas y se colocó 250 ml de metanol al 99% y se dejó macerar por 24 horas, posteriormente se filtró con una bomba al vacío GAST IHAB-25B-M100X y finalmente el extracto filtrado de papa china y zanahoria blanca se sometió a un proceso que permitió la evaporación del exceso de metanol, el cual se realizó con la ayuda de un rotavapor marca EYELA 05b-2100, cada una de las muestras fueron sometidas a una velocidad de giro de 250 rpm y una temperatura de 64,7 °C, temperatura de ebullición de metanol, además, de una presión de 150 hPA, en el caso de la papa china el tiempo de rota evaporación fue de 11 min y 33 s, por otro lado el tiempo de rota evaporación de la zanahoria blanca fue de 8 min y 20 s, el extracto rota evaporado de cada harina se almaceno en tubos Falcón de 50 ml a una temperatura de 4 °C hasta su análisis.

Gráfica 6

Protocolo para la obtención de extractos metanólicos



2.2.6. Determinación de compuestos fenólicos por HPLC

La determinación de compuestos fenólicos se llevó a cabo en base a la metodología descrita por **Kardani et al. (2013)**, con algunas modificaciones. La cromatografía se realizó en un instrumento HPLC equipado con bomba Perkin Elmer serie 200, detector UV-Vis Perkin Elmer serie 200, automuestreador Perkin Elmer serie 200, degasificador Perkin Elmer serie 200, computador Dell Optiplex 755 y software Chromatostation.

Purospher RP-18 endcapped C18 (250 mm x 4 mm diámetro interno y 5 μm de tamaño de partícula) fue la fase estacionaria, se usó un inyector automático, un medidor de pH Hach session 3 y un sonicador Heidolph.

2.2.6.1. Preparación de las muestras y corrida en el cromatógrafo HPLC

Se pesó 3954,2 mg de harina de papa china y 3151,9 mg de harina de zanahoria blanca, se aforó a 50 ml con Agua: Metanol a una relación de 9:10 v/v, se sonó por 10 minutos y se filtró con un filtro de 0,22 μ y se obtuvo la solución de la muestra, se midió el pH de la solución con un pH metro Hach session 3, para conseguir el pH ácido de 3 se agregó ácido O-fosfórico, posteriormente esta solución fue inyectada en el instrumento cromatográfico HPLC.

La fase móvil fue Agua: Acetonitrilo en una relación 90:10, la fase estacionaria usada fue una columna C18 con un tamaño de partícula de 5 μm , se inyectó 50 μL de solución muestra de las dos harinas a analizar en este caso de harina de papa china y zanahoria blanca, se confirmó que el pH se encuentre a un nivel de 3, con un volumen de flujo de 0,5

ml/min a temperatura ambiente de 25°C, el modo de operación fue una elución isocrática, los resultados se leyeron a una longitud de onda de 272 nm, que es la longitud de onda específica para el estándar utilizado que fue Ácido Gálico grado cromatográfico 98%.

Gráfica 7

Determinación de compuestos fenólicos por Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC UV/VIS



2.2.7. Determinación de capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) que permite la captación de radicales libres, usando una microplaca de 96 pocillos usando como base la metodología descrita por **Pacheco et al. (2019)** con algunas modificaciones.

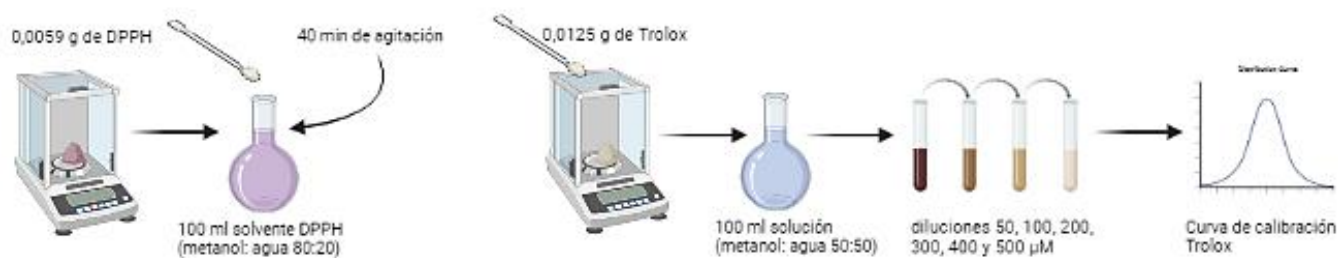
2.2.7.1. Preparación del reactivo DPPH y Trolox

Se realizó una solución madre del reactivo DPPH siguiendo la metodología propuesta por **Guamán Poaquiza (2022)**, para la cual, se pesó 0,0059 g de DPPH, y se disolvieron en 100 ml de una solución previamente preparada de metanol – agua en una relación de 80:20 (solvente de DPPH), la solución se cubrió con papel aluminio para evitar el contacto con la luz y se agito por 40 minutos. El estándar utilizado fue Trolox a una concentración de 500 µM, para la preparación de Trolox se pesó 0,0125 g de Trolox, mismo que se disolvió en 100 ml de una solución previamente preparada de metanol- agua en una relación de

50:50. Con la solución madre ya preparada se procedió a realizar diferentes diluciones con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400 y 500 μM con lo que se obtuvo la curva de calibración.

Gráfica 8

Proceso de preparación de reactivo DPPH y estándar Trolox.



2.2.7.2. Evaluación de la capacidad antioxidante

Para la evaluación de la actividad antioxidante se usó un blanco, un control y el extracto los cuales fueron preparados de la siguiente manera:

Blanco: 180 μL Solvente DPPH (metanol-agua 80:20) + 20 μL metanol (Solvente muestra)

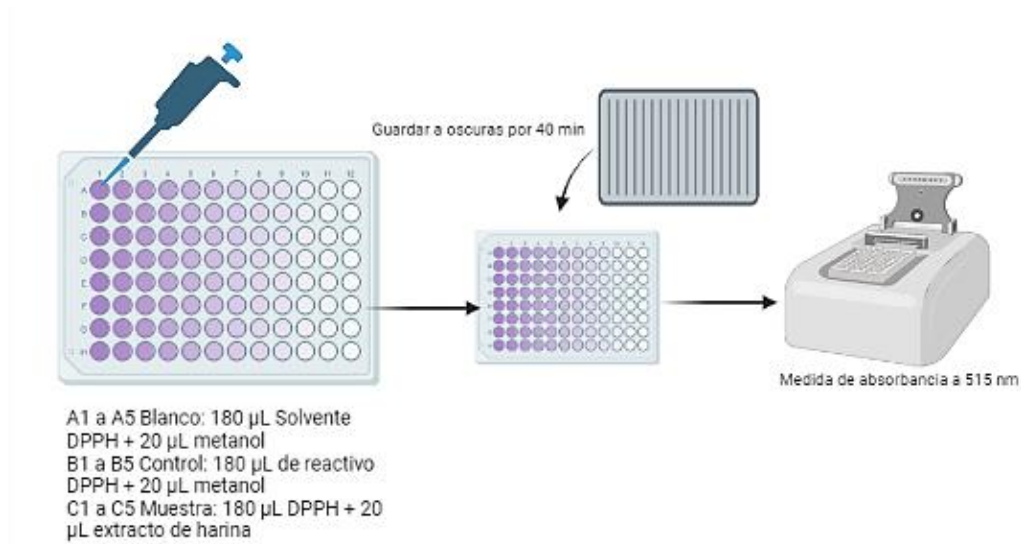
Control: 180 μL de reactivo DPPH + 20 μL metanol (solvente muestra)

Extracto: 180 μL DPPH + 20 μL extracto de harina de papa china / zanahoria blanca (depende de la muestra a analizar).

Además, se usó una placa multipocillos para la medición de las absorbancias en un espectrofotómetro FISHER SCIENTIFIC, lo primero que se realizó fue preparar la placa de 96 pocillos, donde los pocillos A1 hasta A5 contenían el blanco, los pocillos B1 hasta B5 contenían el control y los pocillos C1 a C5 contenían el reactivo DPPH con el extracto de la harina a analizar, una vez lista la placa se tapó con papel aluminio y se guardó bajo condiciones de oscuridad a temperatura ambiente por 40 minutos. Finalmente transcurridos los 40 minutos se procedió a medir la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm, se realizó 5 réplicas por extracto.

Gráfica 9

Determinación de capacidad antioxidante ensayo DPPH



2.2.7.3. Cálculo del porcentaje de inhibición de DPPH

El porcentaje de inhibición de DPPH se calculó con la ecuación 1.

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \left[1 - \left(\frac{A_m - A_b}{A_c - A_b} \right) \right] \times 100$$

Ecuación 1

Donde:

A_m : Absorbancia de la muestra

A_b : Absorbancia del blanco

A_c : Absorbancia del control

2.2.8. Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos de la actividad antioxidante y absorbancias, para lo cual se utilizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba de

comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 95%, $p < 0.05$, con el fin de identificar la variación existente en cada una de las réplicas realizadas, se usó el paquete estadístico InfoStat.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

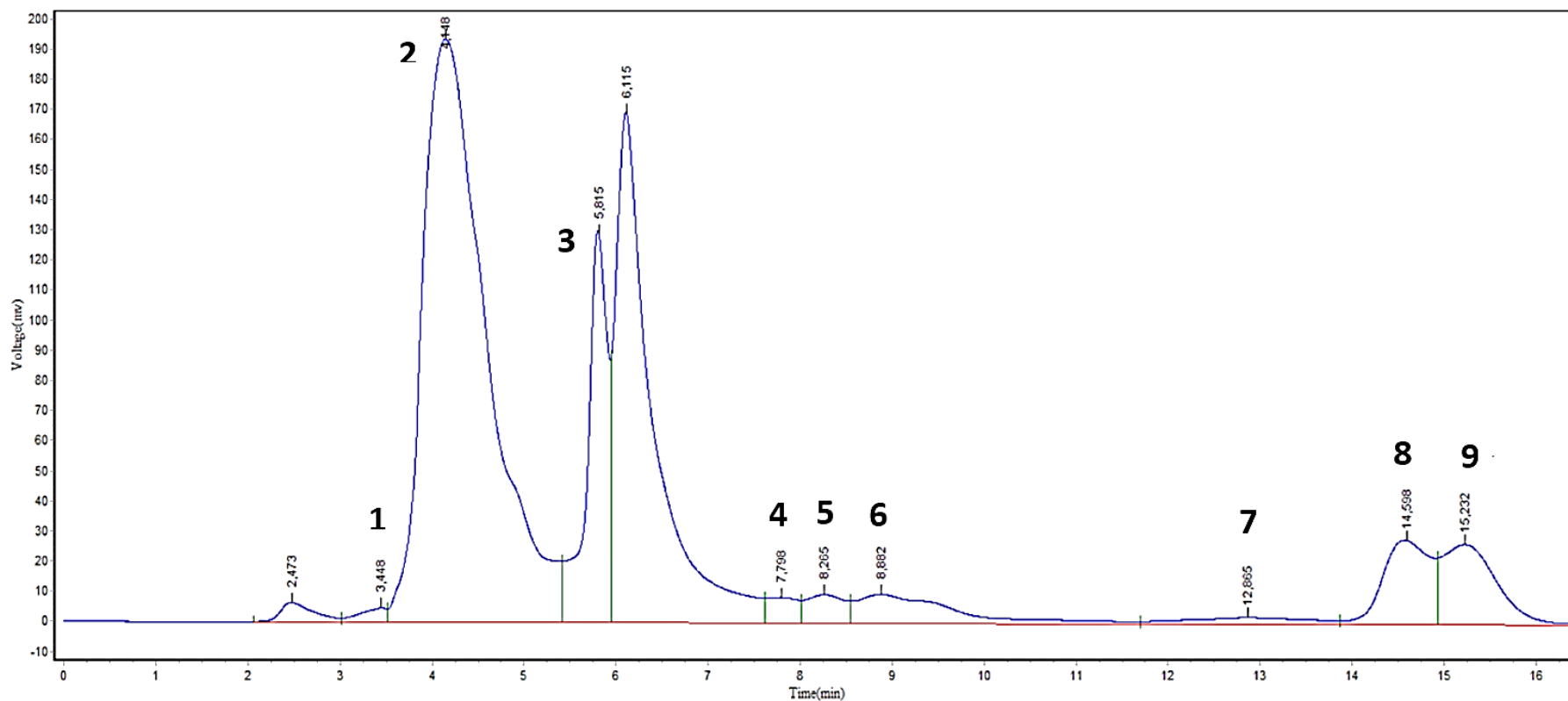
3.1.1. Determinación de compuestos fenólicos en harina de papa china y zanahoria blanca

La determinación de compuestos fenólicos en las harinas analizadas se determinó mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC UV/VIS, la extracción de los analitos de interés se lo realizó siguiendo la metodología propuesta por **Kardani et al. (2013)**, con diversas modificaciones.

En la Grafica 10 se presenta el cromatograma obtenido para la matriz de harina de zanahoria blanca y en la Tabla 12 se presentan los compuestos fenólicos identificados.

Gráfica 10

Cromatograma obtenido de la muestra de harina de zanahoria blanca



Nota: Cromatograma HPLC a 272 nm correspondiente a la muestra de harina de zanahoria blanca, el estándar usado fue ácido gálico con un tiempo de retención de 7,792 min, 1) Ácido malónico 2) Ácido protocatéquico 3) Ácido ferúlico hexóxido 4) Ácido Gálico 5) Ácido 3- O- cafeoilquínico 6) Rutina 7) Ácido 5-O-cafeoilquínico 8) Ácido clorogénico 9) Ácido cafeico.

Tabla 12.

Listado de compuestos fenólicos identificados según el tiempo de retención en harina de zanahoria blanca

N° de pico	Tiempo de retención (min)	Asignación de pico
1	3,448	Ácido Malónico
2	4,448	Ácido protocatéquico
3	5,815	Ácido ferúlico hexóxido
4	7,798	Ácido gálico
5	8,265	Ácido 3- O- cafeoilquínico
6	8,882	Rutina
7	12,865	Ácido 5-O-cafeoilquínico
8	14,598	Ácido clorogénico
9	15,232	Ácido cafeico

En las modificaciones realizadas, se resalta el control del pH de la solución, el cual, se encuentra en un nivel ácido al ser un pH de 3, esto permite evitar eventos de oxidación, además, según menciona **Li y Jiang (2007)** un nivel ácido de pH permite una extracción eficaz de fenoles e impide la degradación de estos pigmentos.

En el análisis realizado la extracción se dio usando un baño ultrasónico, puesto que, permite una mejor penetración del solvente en la matriz alimentaria, siendo esta la harina de papa china o de zanahoria blanca y menora el tiempo requerido para este proceso. Las modificaciones realizadas permitieron mejorar la resolución de los cromatogramas obtenidos. Se obtuvo una separación satisfactoria y buena simetría de pico con la columna Purospher RP-18 endcapped C18 (250 mm x 4 mm diámetro interno y 5 µm de tamaño de partícula), la fase móvil fue agua: acetonitrilo en relación 90:10 v/v y el pH se mantuvo a un nivel de 3 con la ayuda de O- ácido fosfórico a un caudal de 0,5 ml/min con el fin de obtener una mejor repetibilidad y reproducibilidad, la cuantificación se dio con un detector UV a 272 nm en función del área del pico, se encontró que el tiempo de retención del Ácido Gálico es de 7,835 min a 272 nm ANEXO A Figura A1, además, la concentración de ácido gálico presente en la harina de papa china y zanahoria blanca, fue de 1,49 y 2,08 ppm respectivamente, concentración que fue obtenida al realizar el análisis de Cromatografía

Líquida de Alta Resolución HPLC usando como estándar ácido gálico de grado cromatográfico al 98% ANEXO A Tabla A1.

Para la identificación de los diferentes picos obtenidos en el cromatograma de harina de Zanahoria Blanca, se realizó una revisión y comparación con estudios realizados con anterioridad.

En el cromatograma obtenido en la matriz alimentaria de harina de zanahoria blanca dentro de los picos y sus tiempos de retención, en el primer pico se obtuvo un tiempo de retención de 3,448 min Tabla 12, que según los datos obtenidos por **Dong et al. (2021)** en su estudio realizado de la composición de polifenoles en la fibra dietética de zanahoria, en el cual, aplico el método de Cromatografía Líquida de Alta eficiencia HPLC con una columna Agilent Eclipse XDB-C18 y como fases móviles agua acidificada y agua con acetonitrilo, para la identificación de los compuestos fenólicos, indica que a un tiempo de 3.465 min se detecta ácido malónico con un límite de detección (LD) de 5,5 ppm, por lo cual se puede asignar al pico número 1 de la Grafica 10 como ácido malónico.

Relacionado al mismo cromatograma se tiene un tiempo de retención de 4,448 min en el pico número 2 Grafica 10, Un estudio enfocado en la aplicación secuencial de estrés postcosecha y extrusión con el fin de aumentar la concentración de compuestos fenólicos en zanahoria realizado por **Viacava et al. (2020)** donde, realizo HPLC con una columna C18, con tamaño de partícula 5µm, a un pH de 2,4 que fue ajustado con ácido orto fosfórico a temperatura ambiente, identifico a un tiempo de retención de 4,3 min ácido protocatéquico, valor de tiempo de retención cercano al obtenido en el cromatograma, mismo que se realizó en condiciones similares de pH, temperatura y tipo de columna, por lo cual, se puede inferir que el tercer pico corresponde a ácido protocatéquico Tabla 12. Por otro lado, se tiene como resultado un tiempo de retención de 5,815 min Tabla 12 el cual, al basarnos en los resultados obtenidos por **Pace et al. (2020)** en su artículo sobre la evaluación de la calidad, composición fenólica y carotenoide de zanahoria, donde mediante HPLC-UV/VIS con una columna C18 detectó a un tiempo de retención de 6 min la presencia de ácido ferúlico hexóxido, con ello, podemos deducir que a un tiempo de retención de 5,815 min es probable que se encuentre ácido ferúlico hexóxido.

En el estudio realizado por **Santoscoy-Berber et al. (2021)** se obtuvieron tiempos de retención muy similares a los que se pueden observar en la Grafica 10 número de pico 5 y 7 a los cuales basados en los resultados obtenidos por Santoscoy y colaboradores, se los asignó como derivados del ácido cafeico, siendo específicamente para el pico número 5 Ácido 3- O- cafeoilquínico y para el pico número 7 Ácido 5-O-cafeoilquínico, con un tiempo de retención de 8,265 min y 12,865 respectivamente Tabla 12. Además, en el análisis realizado por **Granica et al. (2013)** en donde identifico Ácido 5-O-cafeoilquínico con un método de HPLC UV/VIS se obtuvo un límite de detección (LOD) de 14,6 y un límite de cuantificación (LQO) de 44,2, lo cual, aumenta la certeza de la detección de estos ácidos fenólicos en el cromatograma obtenido Grafica 10.

La rutina es uno de los principales compuestos fenólicos más comunes en cultivos, en un estudio realizado por **Burri et al. (2017)** en hojas de remolacha se identificó este compuesto fenólico a un tiempo de retención de 8,9 min, según los resultados obtenidos en tiempos de retención de los diferentes picos del cromatograma Grafica 10, se tiene un tiempo de retención del pico 6 de 8,882 min, el cual, puede corresponder al compuesto fenólico Rutina Tabla 12. En otro estudio realizado enfocado en la validación del método HPLC-UV/VIS para la determinación de polifenoles se obtuvo valores para los límites de detección y cuantificación para el compuesto rutina de 41,1 y 124, 5 respectivamente y un r^2 de 0,9999, lo que indica la presencia de este fitoquímico en el tiempo de retención indicado (**Granica et al., 2013**).

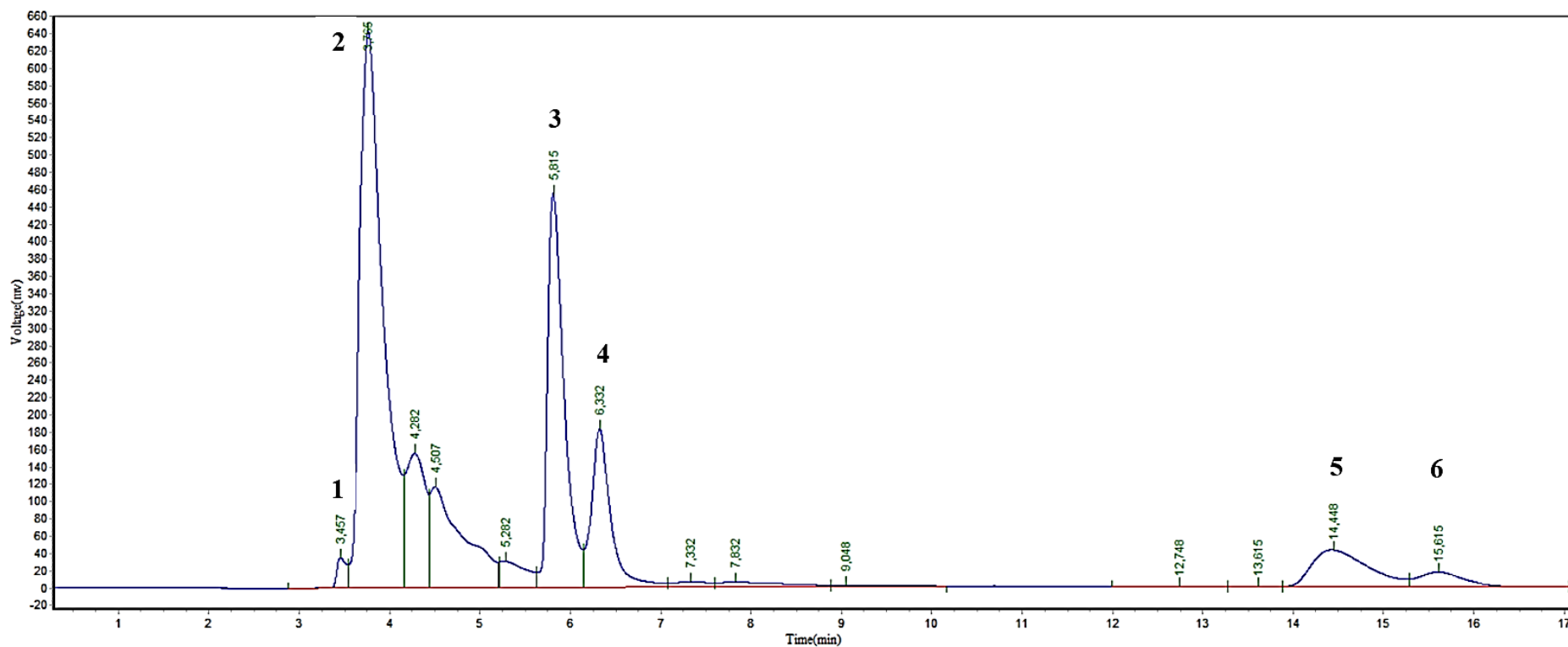
Los ácidos fenólicos forman parte de los compuestos fenólicos y son considerados de gran interés en el ámbito nutricional, según los estudios realizados por **M. Giusti et al. (2014)** y **Eugenio et al. (2017)**, a un tiempo de retención de 15 min se encuentra ácido cafeico y a un tiempo de retención de 14,6 min se encuentra ácido clorogénico, Aplicando el análisis de química analítica de HPLC-UV/VIS se obtuvo un límite de detección de 14,6 y un límite de cuantificación de 44,6 para ácido clorogénico y un valor de r^2 de 0,9999 (**Granica et al., 2013**), valores que confirman la presencia de este compuesto en un tiempo de retención de 14,6 min, por lo cual, se puede asignar al pico 8 como ácido clorogénico y al pico 9 como ácido cafeico, picos obtenidos en el cromatograma de harina de zanahoria blanca Tabla 12.

De igual manera para la identificación de las señales obtenidas en el cromatograma de la matriz alimenticia de harina de papa china, se realizó una revisión bibliográfica de estudios relacionados, con el fin de comparar los tiempos de retención de cada una de las señales con las obtenidas en este análisis.

En la Grafica 11 se presenta el cromatograma obtenido para la matriz de harina de papa china y en la Tabla 13 se presentan los compuestos fenólicos identificados.

Gráfica 11

Cromatograma obtenido de la muestra de harina de papa china



Nota: Cromatograma HPLC a 272 nm correspondiente a la muestra de harina de papa china, el estándar usado fue ácido gálico con un tiempo de retención de 7,817 min, 1) Quinol 2) Ácido quínico 3) Ácido ferúlico hexóxido 4) Ácido p-cumárico 5) Ácido clorogénico 6) Ácido cafeico.

Tabla 13

Listado de compuestos fenólicos identificados según el tiempo de retención en harina de papa china.

N° de pico	Tiempo de retención (min)	Asignación de pico
1	3,457	Quinol o Hidroquinona
2	3,765	Ácido quínico
3	5,815	Ácido ferúlico hexóxido
4	6,332	Ácido p-cumárico
5	14,448	Ácido clorogénico
6	15,615	Ácido cafeico

Según los resultados obtenidos por **Abdelkhalek et al. (2020)** a un tiempo de retención aproximado de 3,457 min se encuentra el compuesto quinol o también conocido como hidroquinona, mismo que fue asignado al primer pico de la Grafica 11, por otro lado en el artículo publicado por **López et al. (2014)** se identificó a un tiempo de retención de 3,715 min el ácido quínico, este ácido fenólico también fue reconocido en los picos obtenidos en el cromatograma de harina papa china, al tener al pico número 2 con un tiempo de retención de 3,765 min Tabla 13 se le asigno como ácido quínico.

En los análisis realizados por **Pace et al. (2020)** y **Sukhonthara et al. (2016)** se obtuvieron tiempos de retención muy cercanos a los de los picos 3 y 4 del cromatograma de harina de papa china Grafica 11, con tiempos de retención de 5,815 min y 6,332 min respectivamente Tabla 13, por lo cual, se les asigno al pico 3 como ácido ferúlico hexóxido y al pico 4 como ácido p-cumárico. Además de identifico ácido clorogénico y cafeico, con un tiempo de retención de 14,448 min y 15,615 min respectivamente basándonos en los resultados obtenidos por **Simirgiotis et al. (2015)** en su estudio de la capacidad antioxidante y análisis de compuestos fenólicos en especies endémicas de Nolana y el análisis realizado por **Frontuto et al. (2019)** sobre la optimización de la extracción asistida por campos eléctricos de polifenoles de cascara de papa, se detectó un límite de detección de

14,6 y un límite de cuantificación de 44,6 para ácido clorogénico y un valor de r^2 de 0,9999 (Granica et al., 2013).

3.1.2. Actividad antioxidante evaluada por el método DPPH

La actividad antioxidante de las harinas analizadas se determinó mediante el ensayo de DPPH, este ensayo se basa en la capacidad de eliminación de los radicales DPPH (Mareček et al., 2017) Es importante mencionar que los compuestos fenólicos son considerados los compuestos bioactivos principales relacionados con la capacidad antioxidante para la eliminación de radicales libres, según menciona Qin et al. (2019) estos participan en la regeneración de antioxidantes y protección celular tras el daño oxidativo. Estudios previos indican que la cantidad de compuestos fenólicos presentes están relacionados directamente con una mayor actividad antioxidante.

En la tabla 14 se presenta los porcentajes de inhibición de radicales DPPH calculados con la ecuación 1 en la harina de Zanahoria Blanca y Papa China, se puede evidenciar en los porcentajes de inhibición que la harina de zanahoria blanca presenta una mayor capacidad antioxidante a comparación de la harina de papa china.

Tabla 14.

Porcentaje de inhibición de radicales DPPH de cada replica realizada en el ensayo DPPH de harina de zanahoria blanca y papa china.

Matriz	Replica	Inhibición de radicales DPPH (%)
Zanahoria blanca	1	28,89 ± 3,47
	2	27,12 ± 3,47
	3	21,22 ± 3,47
	4	21,82 ± 3,47
	5	22,40 ± 3,47
Papa china	1	16,20 ± 2,11

2	18,73 ± 2,11
3	21,89 ± 2,11
4	17,46 ± 2,11
5	18,73± 2,11

Nota: Los resultados son los promedios ± desviación estándar.

La actividad de eliminación o inhibición de radicales DPPH se realizó mediante el ensayo DPPH y sus resultados fueron expresados en porcentaje de inhibición de dichos radicales después de 40 min de incubación a completa oscuridad, se realizó una curva de calibración de Trolox que fue usada como punto de referencia ANEXO D Figura D1, donde se obtuvo la siguiente ecuación de la recta $y = 0,1756x + 1,175$ y un r^2 de 0,996, valor que nos indica la relación lineal entre dos variables, un valor cercano a 1 nos indica que se posee un modelo fiable para medir tendencias con un alto nivel de precisión.

Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de inhibición de radicales DPPH se tiene un valor de 28,89 % como porcentaje más alto de inhibición en la matriz de harina de zanahoria blanca Tabla 14, con una desviación estándar de 3,47, en el estudio realizado por **Leja et al. (2013)** en diferentes tipos de zanahorias presentaron porcentajes de 6% de inhibición, mismo que, presenta una diferencia significativa con los resultados obtenidos en el presente estudio, por otro lado, **Yen et al. (2008)** menciona que se encontró una mayor capacidad antioxidante en extractos metanólicos de zanahoria, en el caso del presente estudio, la harina de zanahoria blanca fue macerada en metanol por 24h para obtener extractos metanólicos de la misma, lo que explica los altos valores de inhibición, además, de la relación directa entre la cantidad de compuestos fenólicos y la alta o baja capacidad antioxidante.

Los resultados obtenidos en el presente análisis son congruentes con los obtenidos por **Purkiewicz et al. (2020)** en donde, se estudió la actividad antioxidante en jugos de zanahoria por diferentes métodos de extracción, arrojando como resultado

una actividad antioxidante para el jugo obtenido mediante un exprimidor de alta velocidad y exprimidor de baja velocidad de 29,08 y 29,12 respectivamente, en el cual, mencionan que la mayor capacidad antioxidante fue identificada en los extractos metanólicos de zanahoria negra.

En la tabla 14 se muestran los porcentajes de inhibición de radicales DPPH obtenidos en el análisis de la harina de papa china, en donde el valor más alto de inhibición fue de 21,89 %. Los ácidos fenólicos son grandes contribuyentes a la actividad antioxidante, existen 2 mecanismos por los cuales se pueden eliminar o inhibir los radicales libres siendo estos, transferencia de átomos de hidrogeno (HAT) y transferencia de un solo electrón (SET), el ensayo DPPH mezcla estos dos mecanismos (**Kammoun et al., 2022**). Si bien la harina de papa china posee también una capacidad antioxidante de 21,89%, esta capacidad antioxidante es mucho menor a la obtenida en la harina de zanahoria blanca, esto se da, ya que, según menciona **Singh et al. (2020)** el 50% de ácidos fenólicos se encuentran en la cascara de las especies de papa y sus tejidos adyacentes, en el presente estudio para la elaboración de la harina, se desechó la cascara de la papa china, generando una pérdida considerable en estos fitoquímicos que contribuyen a la capacidad antioxidante, por lo cual, la capacidad antioxidante obtenida no es tan alta como la obtenida en el caso de la harina de zanahoria blanca.

En la Tabla 15 se presenta un resumen de los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA, en el cual, se evidencio una diferencia significativa entre las absorbancias y porcentajes de inhibición de la harina de zanahoria blanca y la harina de papa china.

Tabla 15*Resultados obtenidos del análisis estadístico*

Muestra	Absorbancia	Inhibición de radicales DPPH (%)	μmol Equivalente Trolox/g
Zanahoria Blanca	0,19±0,01 a	24,29±3,47 a	3,81 ±0,17
Papa China	0,17±0,00 b	18,61±2,12 b	2,72 ±0,32

Nota: Los resultados son los promedios ± desviación estándar de 5 réplicas en el caso de las absorbancias y porcentaje de Inhibición de radicales DPPH, por otro lado, en μmol Equivalente Trolox/g los resultados son los promedios ± desviación estándar de 2 réplicas seleccionadas. a y b, Valores con letras diferentes en la misma columna presentan diferencias estadísticamente significativas entre la absorbancia y la inhibición de radicales DPPH sobre la actividad antioxidante. Se realizó un análisis ANOVA con prueba de comparación múltiple Tukey ($p < 0,05$).

Con el análisis de varianza ANOVA y la prueba de rangos múltiples Tukey se demostró las diferencias estadísticas presentes entre las dos matrices alimentarias analizadas, siendo estas, la harina de zanahoria blanca y la harina de papa china, sobre la capacidad antioxidante de estas matrices (porcentaje de inhibición de radicales DPPH) a un nivel de confianza del 95%, este análisis se encuentra en el ANEXO C Tabla C2 y C3, arrojando como resultado que la harina de zanahoria blanca posee una mayor capacidad neutralizante de radicales libres DPPH por su mayor contenido de compuestos fenólicos.

3.1.3. Relación de componentes fenólicos y capacidad antioxidante como elementos nutritivos en la dieta.

El contenido de fitoquímicos como los compuestos fenólicos en los alimentos es un tema que ha venido tomando fuerza, el contenido de estos compuestos depende de diversos factores como la etapa de maduración, condiciones ambientales, la genética, la exposición a la luz ultravioleta y el ataque de patógenos o plagas (**Gutiérrez-Grijalva et al., 2016**) dentro de este grupo de compuestos, los

compuestos que han sido estudiados con el fin de conocer sus propiedades beneficiosas a la salud de los consumidores se encuentra, el ácido clorogénico y sus derivados, ácido cafeico y sus derivados, ácido p -cumárico y ácido ferúlico.

En el estudio realizado por **Santana-Gálvez et al. (2017)** sobre ácido clorogénico y sus avances como aditivo alimentario y nutracéutico contra el síndrome metabólico, menciona los beneficios para la salud de este polifenol, sobre todo para el síndrome metabólico, que es un conjunto de factores fisiológicos, bioquímicos y metabólicos relacionados que aumentan el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2, Santana y sus colaboradores mencionan que, según los estudios in vivo y ensayos clínicos realizados para evaluar los efectos del consumo de ácido clorogénico en la dieta indican su actividad contra la obesidad, del mismo modo, **Ma et al. (2015)** evaluó los efectos preventivos y el potencial terapéutico del ácido clorogénico sobre afecciones como la obesidad y la esteatosis hepática ligada a la obesidad y resistencia a insulina, para lo cual, se usaron ratones, obtuvieron como resultado que el ácido clorogénico es eficaz para controlar y prevenir el aumento de peso, e inhibir el desarrollo de esteatosis hepática, además de bloquear la resistencia a la insulina.

Un estudio clínico realizado por **Patti et al. (2015)** en donde evaluó los beneficios del consumo de un suplemento alimenticio rico en ácido clorogénico en un total de 78 pacientes con síndrome metabólico, obtuvo como resultado reducciones en el índice de masa corporal, la circunferencia de la cintura, glucosa en ayunas y el colesterol total. Todos los estudios citados y realizados dejan en evidencia la importancia e impacto del consumo de alimentos que contengan ácido clorogénico como suplemento alimenticio.

Enfocado a la importancia del ácido cafeico, en la revisión realizada por **Magnani et al. (2014)** sobre ácido cafeico y su potencial uso en medicamentos y cosméticos, menciona que este ácido fenólico presente en alimentos, es considerado un inhibidor cancerígeno con actividad antioxidante y antibacteriana in vitro, además, posee propiedades para la prevención de aterosclerosis y enfermedades

cardiovasculares, de igual manera **Kim et al. (2018)** analizó la capacidad del ácido cafeico para mejorar la esteatosis hepática y la reducción del estrés del retículo endoplasmático en ratones obesos inducidos, a los cuales alimentaron por 10 semanas con diferentes dietas, una de ellas era rica en ácido cafeico, como resultado obtuvieron que el grupo alimentado con la dieta rica en este ácido fenólico, presentó una mejoría notoria en la intolerancia a la glucosa y la sensibilidad a la insulina, además, los niveles que indican el estrés del retículo endoplasmático, que son los indicadores de la enfermedad de hígado graso no alcohólico disminuyeron en este grupo. Otro análisis realizado por **Yilmaz (2019)** en tilapias ha dejado en evidencia la importancia del ácido cafeico y sus derivados como suplemento alimenticio, dichos resultados prueban su relevancia fisiológica y su actividad antioxidante in vivo.

Los ácidos químicos o también llamados ácidos acil-quinicos según menciona **Clifford et al. (2020)** y basado en estudios epidemiológicos y de intervención que este compuesto puede reducir significativamente el riesgo de padecer diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares, lo cual, incrementa el interés de desarrollar alimentos funcionales que contengan este compuesto fenólico, proveniente de la hidrólisis de ácido clorogénico, sobre todo sabiendo que a nivel mundial, se considera que al menos 462 millones de personas padecen de diabetes tipo II, lo cual, corresponde a un 6,28% de la población mundial, definiéndose como un problema de salud público (**Khan et al., 2020**).

Relacionado a los micronutrientes, El ácido p-cumárico según menciona **Reverón et al. (2012)** es considerado un micronutriente dietético, presente en una amplia gama de plantas comestibles, cereales, frutas y verduras, basándose en ensayos realizados en humanos y animales se ha evidenciado los beneficios para la salud de quien lo consume, como su capacidad antioxidante y antiinflamatoria, en un estudio realizado por **Ferguson et al. (2005)** se observó que este ácido fenólico reduce el riesgo de cáncer en poblaciones de animales y humanos, el ácido p-cumárico permite que se den respuestas beneficiosas para la función intestinal y una mejor supervivencia de las células probióticas.

El ácido ferúlico es asociado con beneficios para la salud importantes según menciona **Bento-Silva et al. (2018)** en su estudio de la relevancia, estructura y análisis de ácido ferúlico en las paredes celulares del maíz, este ácido está asociado con efectos anticancerígenos, neuroprotectores, también, previene enfermedades cardiovasculares, sin embargo, es importante mencionar que esto está relacionado directamente con la concentración de este fitoquímico en los alimentos consumidos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logro identificar por el método de cromatografía líquida de alta resolución HPLC UV/VIS y basados en los tiempos de retención de los picos obtenidos en los cromatogramas, los componentes fenólicos presentes en las matrices alimentarias analizadas, siendo estas, harina de zanahoria blanca y harina de papa china. Donde se identificó ácido gálico, ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido protocatéquico, ácido quínico, ácido ferúlico hexóxido, entre otros.
- La harina de zanahoria blanca y harina de papa china mostraron actividad antioxidante, donde la harina de zanahoria blanca presento un nivel superior en porcentaje de inhibición de radicales DPPH a comparación de la harina de papa china, pero ambas matrices alimentarias poseen la capacidad de neutralizar los radicales, lo que demuestra que estas harinas tienen potencial para el desarrollo de alimentos funcionales, para la prevención de enfermedades y conservación de la salud de los consumidores.
- Los componentes fenólicos y su capacidad antioxidante presentan una estrecha relación con la nutrición, algunos ácidos fenólicos como, el ácido clorogénico son considerados nutraceuticos, tanto el ácido clorogénicos como el ácido cafeico presentan propiedades beneficiosas contra el síndrome metabólico en diferentes estudios realizados, al ser utilizados como suplementos alimenticios en la dieta, de igual manera, el ácido quínico basado en estudios epidemiológicos presenta una reducción significativa en el riesgo de padecer diabetes tipo II, el ácido p-cumárico y el ácido ferúlico presentaron propiedades anticancerígenas y preventivas de enfermedades cardiovasculares, evidenciando la importancia de la implementación de estos fitoquímicos en la dieta de humanos y animales.

4.2. Recomendaciones

- Extender el estudio usando más estándares para identificar con mayor exactitud el grupo de ácidos fenólicos de mayor interés en el ámbito nutricional, siendo estos, ácido clorogénico y ácido cafeico en las mismas matrices alimentarias, empleando un análisis de Cromatografía Líquida de Alta Resolución de masas.
- Determinar el contenido de componentes fenólicos en harina de papa china elaborada con el cultivo incluida su cascara para identificar la variación en su contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.
- Evaluar la viabilidad de nuevos métodos de obtención de harina que permitan menorar el nivel de pérdida de estos fitoquímicos de interés nutricional en la dieta de humanos y animales.
- Realizar un estudio para identificar que técnicas de biología molecular junto con técnicas de biotecnología vegetal y agrícola se pueden implementar para aumentar o mantener el porcentaje de compuestos fenólicos beneficiosos para la salud.
- Desarrollar alimentos usando como materia prima zanahoria blanca y papa china, enfocados a los consumidores vegetarianos y veganos, brindando un nuevo producto para estos grupos que cada vez van en aumento, que contengan un alto valor nutricional.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- Abdelkhalek, A., Salem, M. Z. M., Kordy, A. M., Salem, A. Z. M., & Behiry, S. I. (2020). Antiviral, antifungal, and insecticidal activities of Eucalyptus bark extract: HPLC analysis of polyphenolic compounds. *Microbial Pathogenesis*, *147*, 104383. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104383>
- Bento-Silva, A., Vaz Patto, M. C., & do Rosário Bronze, M. (2018). Relevance, structure and analysis of ferulic acid in maize cell walls. *Food Chemistry*, *246*, 360-378. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.012>
- Burri, S. C. M., Ekholm, A., Håkansson, Å., Tornberg, E., & Rumpunen, K. (2017). Antioxidant capacity and major phenol compounds of horticultural plant materials not usually used. *Journal of Functional Foods*, *38*, 119-127. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.003>
- Caicedo, Q. W., Rodríguez, B. R., & Valle, R. S. (2014). Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china *Colocasia esculenta* conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *15*(1), 1-10.
- Cámara, M., Giner, R. M., González-Fandos, E., López-García, E., Mañes, J., Portillo, M. P., . . . Martínez, J. A. (2021). Food-Based Dietary Guidelines around the World: A Comparative Analysis to Update AESAN Scientific Committee Dietary Recommendations. *National Library of Medicine*. doi:10.3390/nu13093131
- Cardona Serrate, F. (2020). Alteraciones enzimáticas en alimentos: el pardeamiento, el enranciamiento y la reacción de Maillard.
- Clifford, M. N., Kerimi, A., & Williamson, G. (2020). Bioavailability and metabolism of chlorogenic acids (acyl-quinic acids) in humans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *19*(4), 1299-1352. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12518>

- Cornejo, F., Salazar, R., Martínez, R., Villacrés, E., Paredes, M., Ruales, J., & Penafiel, D. (2022). Evaluation of starch digestibility of Andean crops oriented to healthy diet recommendation. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1146-1155. doi:10.1080/10942912.2022.2074036
- de Araújo, F. F., de Paulo Farias, D., Neri Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2021). Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential. *Food Chemistry*, 338, 127535. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127535>
- de la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). Chapter 12 - Phenolic Compounds. In E. M. Yahia (Ed.), *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (pp. 253-271): Woodhead Publishing.
- Dong, R., Yu, Q., Liao, W., Liu, S., He, Z., Hu, X., . . . Xie, M. (2021). Composition of bound polyphenols from carrot dietary fiber and its in vivo and in vitro antioxidant activity. *Food Chemistry*, 339, 127879. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127879>
- Dueñas, M., Martínez, C., Limón, R. I., Peñas, E., & Frias, J. (2015). Effect of germination and elicitation on phenolic composition and bioactivity of kidney beans. *Food Research International*, 70, 55-63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.018>
- Eugenio, M. H. A., Pereira, R. G. F. A., Abreu, W. C. d., & Pereira, M. C. d. A. (2017). Phenolic compounds and antioxidant activity of tuberous root leaves. *International Journal of Food Properties*, 20(12), 2966-2973. doi:10.1080/10942912.2016.1263654
- FAO. (2012). *Fichas Técnicas Productos Frescos de Verduras*.
- FAO. (2020). *Crop production manual* (Apia Ed.).
- FAO. (2022). Que son las pautas dietéticas basadas en Alimentos. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Ferguson, L. R., Zhu, S. T., & Harris, P. J. (2005). Antioxidant and antigenotoxic effects of plant cell wall hydroxycinnamic acids in cultured HT-29 cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(6), 585-593. doi:10.1002/mnfr.200500014

- Freire, W. B., Waters, W. F., Rivas-Mariño, G., & Belmont, P. (2018). The double burden of chronic malnutrition and overweight and obesity in Ecuadorian mothers and children, 1986–2012. *24*(3), 163-170. doi:10.1177/0260106018782826
- Frontuto, D., Carullo, D., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Ferrari, G., Lyng, J. G., & Pataro, G. (2019). Optimization of Pulsed Electric Fields-Assisted Extraction of Polyphenols from Potato Peels Using Response Surface Methodology. *Food and Bioprocess Technology*, *12*(10), 1708-1720. doi:10.1007/s11947-019-02320-z
- Giusti, F., Caprioli, G., Ricciutelli, M., Vittori, S., & Sagratini, G. (2017). Determination of fourteen polyphenols in pulses by high performance liquid chromatography-diode array detection (HPLC-DAD) and correlation study with antioxidant activity and colour. *Food Chemistry*, *221*, 689-697. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.118>
- 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. doi:10.1021/jf500655n
- Gómez Maqueo, A., Escobedo Avellaneda, Z., & Welti Chanes, J. (2020). Phenolic Compounds in Mesoamerican Fruits Characterization, Health Potential and Processing with Innovative Technologies. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(21). doi:10.3390/ijms21218357
- Granica, S., Krupa, K., Kłębowska, A., & Kiss, A. K. (2013). Development and validation of HPLC-DAD-CAD–MS3 method for qualitative and quantitative standardization of polyphenols in *Agrimoniae eupatoriae herba* (Ph. Eur). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *86*, 112-122. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.08.006>
- Guamán Poaquiza, E. J. (2022). *Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de la hoja y fruto del mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) frente a bacterias patógenas (Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Escherichia coli y Listeria monocytogenes)*. Universidad Técnica de Ambato Ambato

- Gupta, D. (2015). Methods for determination of antioxidant capacity: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(2), 546.
- Gutiérrez-Grijalva, E. P., Ambriz-Pérez, D. L., Leyva-López, N., Castillo-López, R. I., & Heredia, J. B. (2016). Review: dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility %J Archivos Latinoamericanos de Nutrición. *Scielo*, 66, 87-100.
- Haan, S., Burgos, G., Liria, R., Rodríguez, F., Creed Kanashiro, H. M., & Bonierbale, M. (2019). The Nutritional Contribution of Potato Varietal Diversity in Andean Food Systems: a Case Study. *American Journal of Potato Research*, 96(2), 151-163. doi:10.1007/s12230-018-09707-2
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., & Ekelund, U. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380(9838), 247-257. doi:10.1016/S0140-6736(12)60646-1
- ITIS. (2022a). *Arracacia xanthorrhiza*. Recuperado de: <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>
- ITIS. (2022b). *Colocasia esculenta*. Recuperado de: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42549#null
- Kammoun, M., Jeddou, K. B., Rokka, V.-M., Pihlava, J.-M., Hellström, J., Gutiérrez-Quequezana, L., . . . Nouri-Ellouz, O. (2022). Determination of Bioactive Compounds, Antioxidant Capacities and Safety of the Somatic Hybrid Potatoes. *Potato Research*, 65(4), 881-902. doi:10.1007/s11540-022-09559-8
- Kardani, K., Gurav, N., Solanki, B., Patel, P., & Patel, B. (2013). RP- HPLC Method Development and Validation Og Gallic acid in Polyherbal Tablet Formulation *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3 (05), 037-042. doi:10.7324/JAPS.2013.3508
- Kaushal, P., Kumar, V., & Sharma, H. K. (2015). Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 27-40. doi:10.1007/s13197-013-0933-y

- Khan, M. A. B., Hashim, M. J., King, J. K., Govender, R. D., Mustafa, H., & Al Kaabi, J. (2020). Epidemiology of Type 2 Diabetes - Global Burden of Disease and Forecasted Trends. *J Epidemiol Glob Health*, *10*(1), 107-111. doi:10.2991/jegh.k.191028.001
- Kim, H. M., Kim, Y., Lee, E. S., Huh, J. H., & Chung, C. H. (2018). Caffeic acid ameliorates hepatic steatosis and reduces ER stress in high fat diet induced obese mice by regulating autophagy. *Nutrition*, *55-56*, 63-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.03.010>
- Lasso, N. (2020). *La papa china: un cormo con potencial en el Pacífico colombiano*. Recuperado de Colombia: <http://www.unipacifico.edu.co:8095/publicacionesunipa/documentos/FichaTecnicaPA-001.pdf>
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., . . . Jacobsen, S. E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, *51*, 86-93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., Kammerer, D., Carle, R., & Baranski, R. (2013). The Content of Phenolic Compounds and Radical Scavenging Activity Varies with Carrot Origin and Root Color. *Plant Foods for Human Nutrition*, *68*(2), 163-170. doi:10.1007/s11130-013-0351-3
- Li, J., & Jiang, Y. (2007). Litchi flavonoids: isolation, identification and biological activity. *Molecules* (Basel, Switzerland). *National Center for Biotechnology Information*, *12*(4), 745-758. doi:10.3390/12040745
- Lim, T. K. (2015). *Arracacia xanthorrhiza*. In *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants* (pp. 361-366).
- Liu, Q., Donner, E., Yin, Y., Huang, R., & Fan, M. (2006). The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers and legumes grown in China. *99*(3), 470-477.
- López, A., Gómez, A. M., Cerretani, L., Segura, A., & Fernández, A. (2014). Distribution of phenolic compounds and other polar compounds in the tuber of *Solanum tuberosum* L. by

- HPLC-DAD-q-TOF and study of their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 36(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.009>
- Ma, Y., Gao, M., & Liu, D. (2015). Chlorogenic acid improves high fat diet-induced hepatic steatosis and insulin resistance in mice. *Pharm Res*, 32(4), 1200-1209. doi:10.1007/s11095-014-1526-9
- Magnani, C., Isaac, V. L. B., Correa, M. A., & Salgado, H. R. N. (2014). Caffeic acid: a review of its potential use in medications and cosmetics. *Analytical Methods*, 6(10), 3203-3210. doi:10.1039/C3AY41807C
- Mareček, V., Mikyška, A., Hampel, D., Čejka, P., Neuwirthová, J., Malachová, A., & Cerkal, R. (2017). ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. *Journal of Cereal Science*, 73, 40-45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.004>
- Mazón, N., Castillo, R., Hermann, M., & Espinosa, P. (1996). *La Arracacha o Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Ecuador*. Estacion Experimental Santa Catalina: INIAP.
- Medina, O., Pardo, O., & Ortiz, C. (2012). Modified arracacha starch films characterization and its potential utilization as food packaging. *Vitae*, 19(2), 186-196.
- Mikuy, A., & Mikuy, S. (2010). *Gastronomia Tradicional Altoandina: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- MSP, & FAO. (2018). *Documento Técnico de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA) del Ecuador*. Quito-Ecuador Recuperado de https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/gabas_guias_alimentarias_ecuador_2018.pdf
- Muñoz, A. (2019). *Uso de materias primas para alimentación de tilapia en sistemas de Acuicultura de Recursos Limitados* (A. Piza, L. Cepeda, & J. Vinchira Eds.). Panamá: FAO.

- Nagraj, G. S., Jaiswal, S., Harper, N., & Jaiswal, A. K. (2020). Chapter 20 - Carrot. In A. K. Jaiswal (Ed.), *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (pp. 323-337): Academic Press.
- Narayan, M. S., & Venkataraman, L. V. (2000). Characterisation of anthocyanins derived from carrot (*Daucus carota*) cell culture. *Food Chemistry*, 70(3), 361-363. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00104-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00104-7)
- Niki, E. (2010). Assessment of Antioxidant Capacity in vitro and in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*, 49(4), 503-515. doi:<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.04.016>
- OMS. (2017). Obesity and overweight.
- Onwueme, I. (1999). *Taro cultivation in Asia and the Pacific* (FAO Ed.): FAO.
- Pace, B., Capotorto, I., Cefola, M., Minasi, P., Montemurro, N., & Carbone, V. (2020). Evaluation of quality, phenolic and carotenoid composition of fresh-cut purple Polignano carrots stored in modified atmosphere. *Journal of Food Composition and Analysis*, 86, 103363. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103363>
- Pacheco, T., Moreno, J., & Villamiel, M. (2019). Chemical and physicochemical characterization of orange by-products derived from industry. *J Sci Food Agric*, 99(2), 868-876. doi:10.1002/jsfa.9257
- Patti, A. M., Al-Rasadi, K., Katsiki, N., Banerjee, Y., Nikolic, D., Vanella, L., . . . Rizzo, M. (2015). Effect of a Natural Supplement Containing Curcuma Longa, Guggul, and Chlorogenic Acid in Patients With Metabolic Syndrome. *Angiology*, 66(9), 856-861. doi:10.1177/0003319714568792
- Pérez Jiménez, J., & Torres, J. L. (2011). Analysis of Nonextractable Phenolic Compounds in Foods: The Current State of the Art. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(24), 12713-12724. doi:10.1021/jf203372w
- Pogge, T. W., Haider, N., & Rizvi, Z. (2015). Developing drugs as if children mattered UNICEF The State of the World's Children 2015: Reimagine the future.

- Popkin, B., Adair, L., & Ng, S. (2012). Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, 70(1), 3-21. doi:10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x %J Nutrition Reviews
- Purkiewicz, A., Ciborska, J., Tańska, M., Narwojsz, A., Starowicz, M., Przybyłowicz, K. E., & Sawicki, T. (2020). The Impact of the Method Extraction and Different Carrot Variety on the Carotenoid Profile, Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of Juices. *Plants*, 9(12). doi:10.3390/plants9121759
- Qin, F., Yao, L., Lu, C., Li, C., Zhou, Y., Su, C., . . . Shen, Y. (2019). Phenolic composition, antioxidant and antibacterial properties, and in vitro anti-HepG2 cell activities of wild apricot (*Armeniaca Sibirica* L. Lam) kernel skins. *Food and Chemical Toxicology*, 129, 354-364. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.007>
- Que, F., Hou, X. L., Wang, G. L., Xu, Z.-S., Tan, G. F., Li, T., . . . Xiong, A. S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6. doi:10.1038/s41438-019-0150-6
- Reverón, I., de las Rivas, B., Muñoz, R., & López de Felipe, F. (2012). Genome-wide transcriptomic responses of a human isolate of *Lactobacillus plantarum* exposed to p-coumaric acid stress. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56(12), 1848-1859. doi:<https://doi.org/10.1002/mnfr.201200384>
- Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Muñoz-Astecker, L. D., Medina-Mendoza, M., Mori-Mestanza, D., & Castro-Alayo, E. M. (2021). Antioxidant capacity, total phenolic content and phenolic compounds of pulp and bagasse of four Peruvian berries. *Heliyon*, 7(8), e07787. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07787>
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *11*(9), 1693.
- Sanabria, L. M., Martínez, J. A., & Baena, Y. (2017). Validación de una metodología analítica por HPLC-DAD para la cuantificación de cafeína en un ensayo de permeación in vitro

- empleando mucosa oral porcina. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 46(2). doi:10.15446/rcciquifa.v46n2.67956
- Santana-Gálvez, J., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2017). Chlorogenic Acid: Recent Advances on Its Dual Role as a Food Additive and a Nutraceutical against Metabolic Syndrome. 22(3), 358.
- Santoscoy-Berber, L. S., Antunes-Ricardo, M., Gallegos-Granados, M. Z., García-Ramos, J. C., Pestryakov, A., Toledano-Magaña, Y., . . . Chavez-Santoscoy, R. A. (2021). Treatment with Argovit® Silver Nanoparticles Induces Differentiated Postharvest Biosynthesis of Compounds with Pharmaceutical Interest in Carrot (*Daucus carota* L.). *Nanomaterials*, 11(11). doi:10.3390/nano11113148
- Simirgiotis, M. J., Benites, J., Areche, C., & Sepúlveda, B. (2015). Antioxidant Capacities and Analysis of Phenolic Compounds in Three Endemic Nolana Species by HPLC-PDA-ESI-MS. *Molecules*, 20(6), 11490-11507. doi:10.3390/molecules200611490
- Singh, B., Singh, J., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic compounds in potato (*Solanum tuberosum* L.) peel and their health-promoting activities. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(6), 2273-2281. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.14361>
- Sukhonthara, S., Kaewka, K., & Theerakulkait, C. (2016). Inhibitory effect of rice bran extracts and its phenolic compounds on polyphenol oxidase activity and browning in potato and apple puree. *Food Chemistry*, 190, 922-927. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.016>
- Torre, M., & Covadonga, H. E. (2002). Efecto del tratamiento con microondas e inhibidores en el oscurecimiento enzimático y carotenoides de plátano macho. (1).
- Valdivieso, M. S. (2012). *Producción Orgánica de Cultivos Andinos* Ecuador.
- Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Gavahian, M., Franco, D., Zhang, W., Mousavi Khaneghah, A., . . . Lorenzo, J. M. (2021). Impact of pulsed light processing technology on phenolic compounds of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.037>

- Viacava, F., Santana-Gálvez, J., Heredia-Olea, E., Pérez-Carrillo, E., Nair, V., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2020). Sequential application of postharvest wounding stress and extrusion as an innovative tool to increase the concentration of free and bound phenolics in carrots. *Food Chemistry*, 307, 125551. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125551>
- Wiktor, A., Mandal, R., Singh, A., & Pratap Singh, A. (2019). Pulsed Light treatment below a Critical Fluence (3.82 J/cm²) minimizes photo-degradation and browning of a model Phenolic (Gallic Acid) Solution. *Foods*, 8(9). doi:10.3390/foods8090380
- Yen, Y.-H., Shih, C.-H., & Chang, C.-H. (2008). Effect of adding ascorbic acid and glucose on the antioxidative properties during storage of dried carrot. *Food Chemistry*, 107(1), 265-272. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.013>
- Yilmaz, S. (2019). Effects of dietary caffeic acid supplement on antioxidant, immunological and liver gene expression responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* to *Aeromonas veronii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 86, 384-392. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.11.068>

ANEXOS

ANEXO A. Cromatograma Ácido Gálico

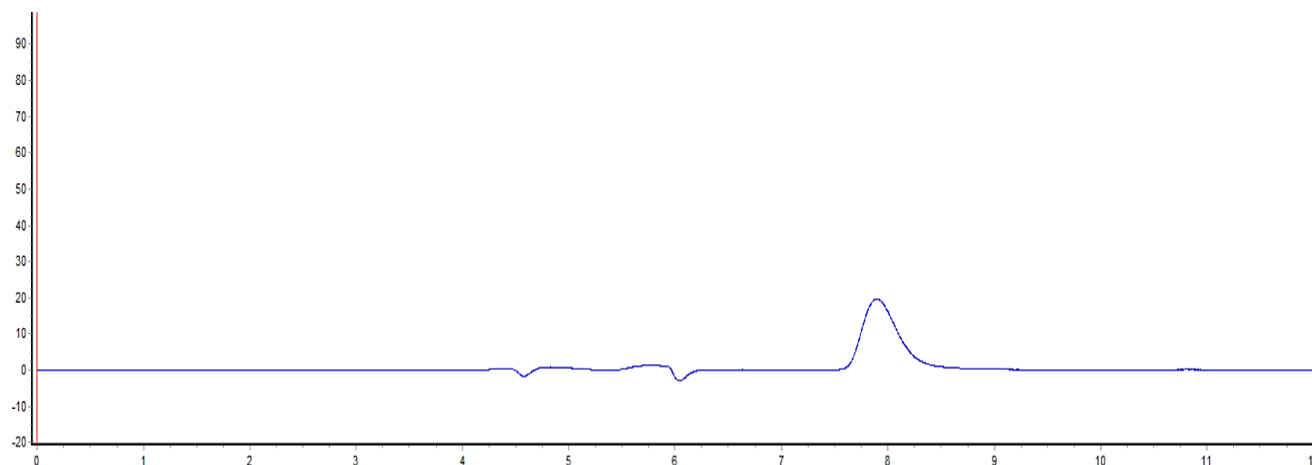


Figura A1. Cromatograma obtenido del estándar Ácido Gálico con un tiempo de retención

Tabla A1.

Concentración de Ácido gálico en harina de papa china y zanahoria blanca

Harina	Concentración en ppm (mg/kg)
Papa China	1,49
Zanahoria Blanca	2,08

ANEXO B. Absorbancias obtenidas en el ensayo DPPH

Tabla B1.

Datos de las absorbancias del Trolox

Concentración ($\mu\text{mol/L}$)	Replicas				Promedio	Desviación
	1	2	3	4		
50	0,575	0,574	0,576	0,579	0,576	0,002
100	0,512	0,494	0,532	0,522	0,515	0,016

200	0,482	0,422	0,427	0,426	0,439	0,029
300	0,26	0,331	0,356	0,357	0,326	0,046
400	0,207	0,233	0,189	0,235	0,216	0,022
500	0,097	0,093	0,092	0,096	0,095	0,002
Blanco	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,000
Control	0,64	0,604	0,653	0,663	0,64	0,026

Tabla B2.

Datos obtenidos de % de inhibición de radicales DPPH para la curva de calibración de Trolox

Concentración	Inhibición de radicales DPPH %
50	10,684
100	20,868
200	33,556
300	52,421
400	70,785
500	90,985

Figura D1.

Curva de calibración Trolox

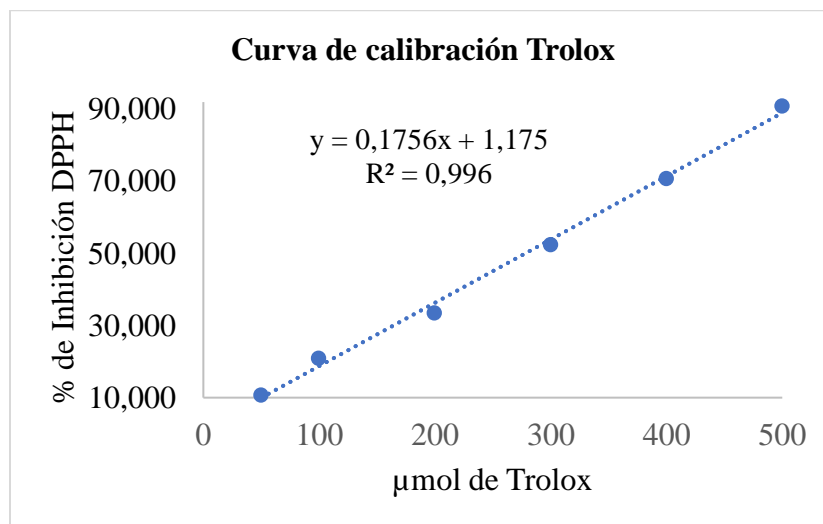


Tabla B3.*Datos de las absorbancias del extracto metanólicos de harina de papa china*

	Replicas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Blanco	0,044	0,047	0,044	0,048	0,045	0,045± 0,001
Control	0,194	0,205	0,209	0,210	0,200	0,203 ± 0,006
Muestra	0,178	0,174	0,169	0,176	0,174	0,174 ± 0,003

Nota: Los resultados son los promedios ± desviación estándar.**Tabla B4.***Datos de las absorbancias del extracto metanólico de harina de zanahoria blanca*

	Replicas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Blanco	0,052	0,050	0,078	0,047	0,060	0,057± 0,012
Control	0,219	0,213	0,240	0,239	0,224	0,227 ± 0,012
Muestra	0,178	0,181	0,191	0,190	0,189	0,185 ± 0,005

Nota: Los resultados son los promedios ± desviación estándar.**ANEXO C. Análisis estadístico para determinación de la actividad antioxidante en las muestras de harina de papa china y zanahoria blanca en el ensayo de DPPH****Tabla C1.***Análisis de ANOVA para las absorbancias de extractos metanólicos de harina de papa china y zanahoria blanca*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
Modelo	$3,4 \times 10^{-4}$	1	$3,4 \times 10^{-4}$	14,66	0,0050
Muestra	$3,4 \times 10^{-4}$	1	$3,4 \times 10^{-4}$	14,66	0,0050
Error	$1,8 \times 10^{-4}$	8	$2,3 \times 10^{-4}$		
Total	$5,2 \times 10^{-4}$	9			

Tabla C2.

Análisis ANOVA para el porcentaje de inhibición de radicales DPPH de extractos metanolicos de harina de papa china y zanahoria blanca

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - p
Modelo	80,79	1	80,79	9,76	0,0141
Muestra	80,79	1	80,79	9,76	0,0141
Error	66,20	8	8,28		
Total	146,99	9			

Tabla C3.

Prueba de rangos múltiples de Tukey para las absorbancias de extractos metanólicos de harina de papa china y zanahoria blanca

Muestra	Medias	Replicas	Grupos Homogéneos
Harina de zanahoria blanca	0,19	5	A
Harina de papa china	0,17	5	B

Tabla C4.

Prueba de rangos múltiples de Tukey para el porcentaje de inhibición de extractos metanólicos de harina de papa china y zanahoria blanca

Muestra	Medias	Replicas	Grupos Homogéneos
Harina de zanahoria blanca	24,29	5	A
Harina de papa china	18,61	5	B

ANEXO D. Rendimiento de Harina

Tabla D.1

Rendimiento de harina

Cultivo	Peso (g)	Harina obtenida (g)	Rendimiento (%)
Zanahoria Blanca	4535,92	1580	34,83
Papa China	2267,96	500	22,04

ANEXO E. Fotografías

Figura E1.

Elaboración de harina



Figura E2.

Cultivo deshidratado



Figura E3.

Rotaevaporación de extractos metanólicos



Figura E4.

Ensayo DPPH



Figura E5.

Ensayo DPPH papa china



Figura E6.

Ensayo DPPH zanahoria Blanca

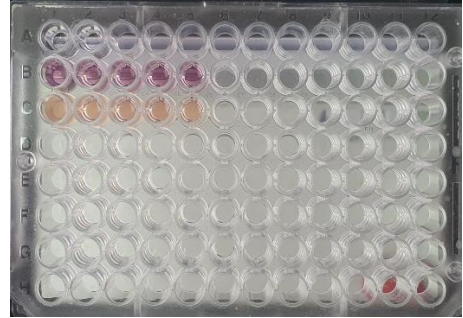


Figura E7.

Ensayo DPPH zanahoria blanca dilucion 1:10

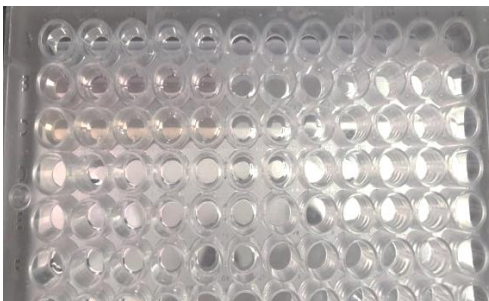


Figura E8.

Análisis HPLC



Figura E9.

Análisis HPLC

