



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

---

**Tema:** Determinación del perfil lipídico en harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para establecer el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados

---

Trabajo de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación previo a 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)

**AUTOR:** Joselyn Beatriz Moreta Freire

**TUTOR:** Químico, Mg. 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, Joselyn Beatriz Moreta Freire, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente informe Final de Integración Curricular, modalidad de Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



---

Joselyn Beatriz Moreta Freire

**C.I. 1804588109**

**AUTOR**

## **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 del Tribunal

---

PhD. Lorena de los Ángeles Núñez Villacís

C.I. 1804256905

---

MSc. Ruth Narcisa Pérez Salinas

C.I. 1802726628

Ambato, 06 de marzo de 2023

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Informe Final de Integración Curricular o parte de él 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.



---

Joselyn Beatriz Moreta Freire

**C.I. 1804588109**

**AUTOR**

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo de tesis a Dios por darme la sabiduría para terminar esta etapa de mi vida, a mi familia por sus valores y enseñanzas, amigos por su apoyo incondicional y risas compartidas, a mis compañeros que estuvieron en el transcurso de mi vida estudiantil.*

*Joselyn Moreta*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría, fortaleza y aprendizaje para la culminación de esta etapa, a mi familia por el apoyo incondicional y valores que fueron y son de ayuda para desenvolverme día a día.*

*A mi tutor Quim. Lander Pérez y a todo el 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) por su apoyo en el desarrollo de este trabajo de integración curricular.*

*A mis amigos incondicionales Dani, Grace, Frank, Mela y Sol por todos los momentos inolvidables compartidos y apoyo incondicional, muchas gracias.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	iv
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1. Antecedentes investigativos.....	1
1.1. Cultivos Andinos en el Ecuador .....	1
1.2. Papa china ( <i>Colocasia esculenta</i> ).....	2
1.2.1. Generalidades .....	2
1.2.2. Usos.....	2
1.2.3. Taxonomía.....	3
1.2.4. Composición química .....	4
1.2.5. Beneficios de su consumo .....	5
1.3. Zanahoria Blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ). .....	6
1.3.1. Generalidades .....	6
1.3.2. Usos.....	6
1.3.3. Taxonomía.....	6
1.3.4. Composición química .....	8
1.3.5. Beneficios de su consumo .....	9
1.4. Lípidos.....	9



1.4.1.	Generalidades de los lípidos.....	9
1.4.2.	Clasificación de ácidos grasos .....	9
1.4.2.1.	Ácidos grasos saturados .....	9
1.4.2.2.	Ácidos grasos insaturados .....	10
1.5.	Identificación del perfil lipídico por Cromatografía de gases-detección de ionización de llama (GC-FID).....	10
<b>1.6.</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
1.6.1	Objetivo general .....	11
1.6.2.	Objetivos específicos .....	11
<b>CAPÍTULO 2</b>	.....	<b>12</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	.....	<b>12</b>
2.1.	Materiales .....	12
2.2.	Métodos .....	16
2.2.1	Muestreo y Transporte .....	16
2.2.2.	Preparación de muestras .....	16
2.2.3.	Obtención de harina .....	16
2.2.4.	Extracción de grasa con un equipo Soxhlet .....	16
2.2.5.	Preparación de ésteres metílicos .....	17
2.2.6.	Análisis de la composición de ácidos grasos mediante cromatografía de gases - detección de ionización de llama (GC-FID).....	18
<b>CAPÍTULO 3</b>	.....	<b>19</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	.....	<b>19</b>
3.1.	Análisis extracción de grasa .....	19
3.2.	Perfil lipídico .....	20
3.3.	Clasificación de ácidos grasos presentes en las harinas de papa china ( <i>C. esculenta</i> ) y zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ) .....	23
3.4.	Valor nutricional en harinas .....	25

3.5. Análisis estadístico.....	26
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>27</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
4.1. Conclusiones .....	27
4.2. Recomendaciones .....	28
<b>MATERIALES DE REFERENCIA.....</b>	<b>29</b>
Referencias Bibliográficas .....	29
<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Papa china ( <i>C. esculenta</i> ) .....	4
<b>Figura 2.</b> Raíces tuberosas de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ).....	7
<b>Figura 3.</b> Porcentaje total de perfil lipídico en harina papa china ( <i>C. esculenta</i> ) y harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ) .....	20

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de taro ( <i>C. esculenta</i> ) .....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición química de harina de papa china ( <i>C. esculenta</i> ) en 100 gramos. ....	4
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ) .....	7
<b>Tabla 4.</b> Composición química de harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ) en 100 gramos .....	8
<b>Tabla 5.</b> Equipos de laboratorio .....	12
<b>Tabla 6.</b> Materiales de laboratorio.....	13
<b>Tabla 7.</b> Reactivos de laboratorio.....	14
<b>Tabla 8.</b> Insumos y materiales de escritorio.....	14
<b>Tabla 9.</b> Cultivos andinos.....	15
<b>Tabla 10.</b> Resultados del componente graso .....	19
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de ácidos grasos totales .....	21
<b>Tabla 12.</b> Clasificación de ácidos grasos en harina de papa china ( <i>C. esculenta</i> ) ...	23
<b>Tabla 13.</b> Clasificación de ácidos grasos en harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ).....	23
<b>Tabla 14.</b> Índices de calidad nutricional.....	25
<b>Tabla 15.</b> Análisis estadístico.....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Rendimiento de harina .....	39
<b>Anexo 2.</b> Extracción de grasa de papa china .....	39
<b>Anexo 3.</b> Extracción de grasa de zanahoria blanca.....	39
<b>Anexo 4.</b> Cromatograma papa china.....	40
<b>Anexo 5.</b> Cromatograma zanahoria blanca.....	41
<b>Anexo 6.</b> Ácidos grasos totales en harina papa china ( <i>C. esculenta</i> ) .....	42
<b>Anexo 7.</b> Ácidos grasos totales en harina zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> ) .....	42
<b>Anexo 8.</b> Pretratamiento para a obtención de harina de papa china y zanahoria blanca .....	43
<b>Anexo 9.</b> Muestras de papa china y zanahoria blanca desecadas .....	43
<b>Anexo 10.</b> Harina papa china y zanahoria blanca.....	44
<b>Anexo 11.</b> Extracción del componente graso en harinas de papa china y zanahoria blanca .....	44
<b>Anexo 12.</b> Cromatógrafo de gases - FID .....	45

## RESUMEN

Ecuador es uno de los 17 países megadiverso en cultivos de tubérculos y raíces andinas que con el pasar del tiempo se han industrializado en la obtención de harinas. En la actualidad la población incluye harinas de origen vegetal en su dieta diaria, poseen alto valor nutricional, fibra dietética, almidón, minerales, vitaminas, carbohidratos y lípidos necesarios para proporcionar energía al cuerpo. Cabe mencionar que, el alto consumo de grasas saturadas puede desatar enfermedades cardiovasculares. Por tal motivo, la finalidad del presente trabajo de investigación fue determinar el perfil lipídico en harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para establecer ácidos grasos saturados e insaturados, con el objetivo de identificar la calidad nutricional de estas harinas y garantizar una alimentación saludable. Se extrajo el componente graso en harina de papa china y zanahoria blanca mediante equipo Soxhlet con resultados de 0.40 más menos 0.04 por ciento y 0.84 más menos 0.08 por ciento, respectivamente. Para la determinación del perfil lipídico se realizó mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama identificando los principales ácidos grasos: ácido palmítico (30.83 por ciento y 18.68 por ciento); ácido oleico (28.53, por ciento y 15.97 por ciento) y ácido linoleico (40.64 por ciento, y 65.35 por ciento). También se estableció índices de calidad que indicaron ser harinas buenas para incluirlas dentro de la dieta diaria.

**Palabras claves:** perfil lipídico, harina de papa china, harina de zanahoria blanca, ácidos grasos saturados, ácidos grasos insaturados, raíces tuberosas.

## ABSTRACT

Ecuador is one of the 17 megadiverse countries in Andean tuber and root crops that over time have been industrialized in the production of flour. Currently, the population includes vegetable flours in their daily diet, which have high nutritional value, dietary fiber, starch, minerals, vitamins, carbohydrates, and lipids necessary to provide energy to the body. It is worth mentioning that high consumption of saturated fats can lead to cardiovascular diseases. Therefore, the purpose of this research was to determine the lipid profile of chinese potato (*Colocasia esculenta*) and white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) flours to establish saturated and unsaturated fatty acids, in order to identify the nutritional quality of these flours and guarantee a healthy diet. The fat component in Chinese potato and white carrot flour was extracted by Soxhlet equipment with results of 0.40 plus minus 0.04 percent and 0.84 plus minus 0.08 percent, respectively. The lipid profile was determined by gas chromatography with flame ionization detector, identifying the main fatty acids: palmitic acid (30.83 percent and 18.68 percent); oleic acid (28.53 percent and 15.97 percent) and linoleic acid (40.64 percent and 65.35 percent). Quality indexes were also established that indicated that they were good flours for inclusion in the daily diet.

**Key words:** lipid profile, chinese potato flour, white carrot flour, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, tuberous roots.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1. Antecedentes investigativos

#### 1.1. Cultivos Andinos en el Ecuador

El Ecuador es considerado uno de los 17 países megadiversos, debido a su alta concentración de especies endémicas y totales (**Carpio, 2018**). Entre ellas, destacan las variedades vegetales utilizadas con fines alimenticios, como las raíces y tubérculos mashua (*Tropaeolum tuberosum*), tarwi (*Lupinus mutabilis dulce*), arracacha blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), camote (*Ipomea batatas*), achira (*Canna indica*), malanga (*Colocasia esculenta*) y oca (*Oxalis tuberosa*) (**Salazar et al., 2021**). Estas especies forman parte de la agrobiodiversidad cultivada desde hace siglos por agricultores locales; por ende, han desarrollado adaptabilidad a condiciones climáticas y resistencia a plagas (**Luziatelli et al., 2020**).

Siendo cultivos con altas fuentes de energía en forma de almidón, ricos en minerales, vitaminas y fibra (**Leidi et al., 2018**). Considerándolos de gran utilidad para mantener la seguridad alimentaria regional. Misma que se enfoca en ofrecer a la sociedad alimentos de calidad y seguridad, es decir, que posean nutrientes necesarios para sustentar la vida y en conjunto con el gobierno ofrezcan confiabilidad en los productos, garantizando que su composición cuente con todos los nutrientes necesarios para evitar la desnutrición (**Fung et al., 2018**).

Por lo tanto, se busca mantener la seguridad alimentaria dentro del país y del mundo frente a la creciente población mundial, mediante el uso de cultivos andinos de raíces y tubérculos olvidados, a través de su producción, comercialización, consumo y aplicación industrial (**Pacheco et al., 2020**). Además, contribuyen al desarrollo de la Agenda Nacional 2030 con el objetivo 3 correspondiente a Salud y Bienestar.



## **1.2. Papa china (*Colocasia esculenta*)**

### **1.2.1. Generalidades**

El taro o malanga (*Colocasia esculenta*) ha sido cultivada desde la antigüedad cuenta con más de 10000 variedades, tuvo sus inicios como producto alimenticio en desde el noreste de la India hasta la China y Nueva Guinea (**Miyasaka et al., 2019**). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en estadísticas del 2013-2017 mencionó a países como China, Nigeria, Camerún, Nueva Guinea y Ghuana ser los mayores productores (**Sefra et al., 2020**). Por su alto contenido en carbohidratos, es una especie potencial para mantener la seguridad alimentaria y nutricional (**Lebot et al., 2017**).

En Ecuador se denomina papa china y se ha expandido por la región andina. Se encuentra entre regiones tropicales y templadas (**Ahmed et al., 2020**). Es considerada una raíz tuberosa comestible perteneciente a la familia *Araceae* con importante valor nutricional, económico y medicinal (**Yin et al., 2021**).

Cuenta con el mismo valor energético que el arroz y supera al de los frijoles (**Guchhait et al., 2008**). Sus condiciones óptimas de cultivo son 2400 m.s.n.m a temperaturas entre los 21 a 27 °C, su adaptabilidad de preferencia es húmedo, las condiciones del suelo oscilan a un pH entre 5.5 a 6.5 y tipos de suelo francos aluviales o profundos (**Yu et al., 2015b**).

### **1.2.2. Usos**

Se destaca en la producción de balanceados de engorde para aves de corral, por su alto contenido de amilosa y gelatinización (**Púa et al., 2019**). También, es muy usada en la industria alimentaria como base para la elaboración de diversos productos como pasteles y harinas que cuentan con alto contenido en fibra y minerales (**Saklani et al., 2021**).

Asimismo, el extracto de *C. esculenta* contiene un bajo contenido de proteínas y grasas, con alto valor en carbohidratos, fibra y minerales, haciendo de él un sustituto a la leche de vaca. Además, cuenta con compuestos antioxidantes como antocianinas

y fitoesteroles, volviéndolo una base importante para la producción de bebidas fermentadas con kéfir (Pinto et al., 2021).

### 1.2.3. Taxonomía

La papa china (*C. esculenta*) es considerado una planta herbácea no posee tallo aéreo, puede llegar a medir entre 1-3 metros de altura, cuenta con un cormo principal del que se desarrollan cormos laterales y sus hojas pueden ser verdes o purpuras en forma de corazón y con dirección hacia el suelo (Yu et al., 2015).

**Tabla 1.**

*Taxonomía de taro (C. esculenta)*

<i>Reino</i>	Plantae
<i>Filo</i>	Espermatofita
<i>Clase</i>	Monocotiledóneas
<i>Orden</i>	Arales
<i>Familia</i>	Aráceas
<i>Género</i>	<i>Colocasia</i>
<i>Especie</i>	<i>Colocasia esculenta (L.) Schott</i>

**Nota:** Tomaron de (Palanisamy et al., 2018).

**Figura 1.**

*Papa china (C. esculenta)*



*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

**1.2.4. Composición química**

Las raíces del taro cuentan con valor nutricional en carbohidratos (26.46 g), proteína (1.50 g), grasa (0.20 g), fibra (4.10 g), vitaminas como niacina (0.600 mg), ácido pantoténico (0,303 mg), piridoxina (0.283 mg), riboflavina (0.025 mg), tiamina (0.095 mg), vitamina A (76 IU), vitamina C (4.5 mg), vitamina E (2.38 mg), vitamina K (1µg). También cuenta con electrolitos como el sodio (11mg), potasio (591 mg) y minerales como calcio (43 mg), cobre (0.172 mg), hierro (0.55 mg), magnesio (33 mg), manganeso (0.383 mg), selenio (0.7 µg) y zinc (0.23 mg) (**Basalingappa, 2018**). También sus cormos han sido procesadas en la industria alimentaria en forma de harina con la composición química que se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2.**

*Composición química de harina de papa china (C. esculenta) en 100 gramos*

<b>Parámetro</b>	<b>Papa china</b>
Acidez (%)	0.43 ± 0.03
Amilosa (%)	8.94 ± 0.08
Calorías (g)	326.77 ± 0.57

Amilopectina (%)	51.04 ± 0.74
pH	5.97 ± 0.01
Ceniza (%)	5.55 ± 0.01
Fibra (g)	14.90 ± 0.01
Almidón (%)	59.98 ± 0.82
Proteína (g)	8.37 ± 0.14
Grasa (g)	0.73 ± 0.08
Humedad (%)	6.22 ± 0.26
Hidratos de carbono totales	64.23 ± 0.17

**Nota:** Tomado de **Salazar et al., (2021)**.

### 1.2.5. Beneficios de su consumo

La papa china cuenta con componentes bioactivos como alcaloides, polifenoles, saponinas y polisacáridos, además ha sido empleada desde la antigüedad en la medicina tradicional para tratar dolencias como trastornos neurológicos, artritis, hemorragia interna, asma y diarrea (**Baro et al., 2023**).

Asimismo, presenta propiedades farmacéuticas, antiinflamatorias, anticancerígenas, neuroprotectoras, antihipertensivas, hepatoprotectoras, anticomulsivas, inmunoprotectoras y antihiperglucemiantes, pero aún no se ha realizado estudios clínicos que garanticen su eficiencia (**Sudhakar et al., 2020**). En Hawái, es conocida por su capacidad para aliviar trastornos intestinales mediante su plato típico denominado Poi (**Aditika et al., 2022**).

### **1.3. Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).**

#### **1.3.1. Generalidades**

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en nuestro país es denominada como zanahoria blanca, originaria de Sudamérica y cultivada en países como Brasil, Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador a una latitud entre 600-3200 m.s.n.m (**Londoño-Restrepo et al., 2018**). Pertenece a la familia de *Apiaceae*, es considerada un cultivo de raíz perenne y contiene entre el 10 al 25% de almidón fácilmente digerible. Por ende, es recomendable incluirla en la dieta de bebés, pacientes hospitalarios y ancianos (**Vitamvas et al., 2019**).

En Ecuador se encuentra principalmente en la provincia de Tungurahua, en cantones Píllaro, Baños y Tisaleo. Cuentan con suelos fértiles, ricos en materia orgánica y con temperaturas de alrededor de los 13.5°C siendo idóneos para su cultivo (**Quilapanta et al., 2018**).

#### **1.3.2. Usos**

La zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) ha sido utilizada desde la antigüedad, en la medicina tradicional en mujeres posparto, para la eliminar la placenta se preparaba una infusión de las raíces. También, era empleada en la preparación de jugos que servían como purgantes y combinados con pan rallado aliviaban la hinchazón de los pechos. Asimismo, mediante la cocción y el machacado se descubrieron propiedades antidiarreicas, diuréticas, antiinflamatoria y antiséptica (**Leidi et al., 2018**).

En la actualidad, al conocer su alto contenido de almidón y sabor agradable de ha incluido en la preparación de sopas, purés, guisos, la elaboración de bebidas, pasteles y panes. Sus hojas son de utilidad para la dieta alimentaria de ganado (**Garnica Montaña et al., 2021**).

#### **1.3.3. Taxonomía**

La zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) es una planta herbácea de tronco pequeño cilíndrico, posee pequeños brotes de donde nacen sus hojas de color verde y su raíz es

considerada comestible, puede contener de seis o más raíces pueden ser alargadas, cónicas o cilíndricas de 4 cm de grosor y 20 cm de longitud (Albano et al., 2014).

**Figura 2.**

*Raíces tuberosas de zanahoria blanca (A. xanthorrhiza)*



**Nota:** Tomado de Leidi et al., (2018).

**Tabla 3.**

*Taxonomía de zanahoria blanca (A. xanthorrhiza)*

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Clase</b>	Angiosperma
<b>Subclase</b>	Dicotiledónea
<b>Orden</b>	Umbelíferas
<b>Familia</b>	Apiaceae Umbelíferas
<b>Género</b>	<i>Arracacia</i>
<b>Especie</b>	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>
	<i>Bancroft</i>

**Nota:** Tomado de (Yu et al., 2015a).

#### 1.3.4. Composición química

Las raíces de la zanahoria blanca cuentan con una rica composición nutricional en energía (103-105 cal), proteína (0.11-0.9 %), grasa (0.2-0.36 %), humedad (73-75 %), fibra (0.75-0.95 %), carbohidratos (24.7-28.70 %), ceniza (1.2-1.4 %), potasio (2.1-2.4 %), fósforo (45-55 mg), calcio (29.2-34.2 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) y ácido ascórbico (22-24 mg) (Yu et al., 2015a). En la actualidad la industria alimentaria hace uso de esta raíz en forma de harina con la siguiente composición química que se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Composición química de harina de zanahoria blanca (A. xanthorrhiza) en 100 gramos*

<b>Parámetros</b>	<b>Zanahoria blanca</b>
Acidez (%)	0.31 ± 0.01
Amilosa (%)	4,49 ± 0,07
Calorías (g)	343,66 ± 0,01
Amilopectina (%)	38,33 ± 0,52
pH	6,29 ± 0,02
Ceniza (%)	4,49 ± 0,18
Fibra (g)	9,25 ± 0,02
Almidón (%)	42,82 ± 0,59
Proteína (g)	2,10 ± 0,18
Grasa (g)	0,69 ± 0,08
Humedad (%)	6,16 ± 0,19

---

Hidratos de carbono totales	77,31 ± 0,45
-----------------------------	--------------

---

**Nota:** Tomado de **Salazar et al., (2021)**.

### **1.3.5. Beneficios de su consumo**

La zanahoria blanca es una excelente fuente de carbohidratos, vitaminas y minerales convirtiéndose en un alimento ideal para mujeres embarazadas, por su alto contenido en hierro ayuda a disminuir la probabilidad de partos prematuros o recién nacidos con bajo peso. Además, ayuda a combatir enfermedades crónicas, insuficiencia renal y la anemia (**Castanha et al., 2018**). Asimismo, su consumo ayuda a prevenir el cáncer de colon y diabetes tipo 2 por su alto nivel de almidón resistente (**Sajilata et al., 2006**).

## **1.4. Lípidos**

### **1.4.1. Generalidades de los lípidos**

Los lípidos son compuestos grasos, insolubles en solventes polares (agua) pero solubles en solventes orgánicos. Están formados por glicerol, dos colas de ácidos grasos (hidrofóbicas) y un grupo fosfato (hidrofílico). Son el principal componente de la membrana celular brindando protección y control de la entrada y salida de moléculas a la célula (**S. Ahmed et al., 2022**).

### **1.4.2. Clasificación de ácidos grasos**

Los ácidos grasos difieren según el número de dobles enlaces químico como se muestra a continuación:

#### **1.4.2.1. Ácidos grasos saturados**

Los ácidos grasos saturados no contienen dobles enlaces en su estructura, es decir, mantienen una cadena simple lo que les da estabilidad y facilidad de mantenerse sólidos a temperaturas ambiente, se encuentran en alimentos de origen animal y en algunos de origen vegetal como la palma y coco (**Bajželj et al., 2021**).



#### **1.4.2.2. Ácidos grasos insaturados**

Los ácidos grasos insaturados presentan dobles enlaces en su estructura, se clasifican en monoinsaturados a aquellos que tiene un doble enlace, en el que los hidrógenos están en el lado opuesto a uno entre sí, formando una estructura no curva con propiedades fisicoquímicas similares a los ácidos grasos saturados. Mientras que se denomina poliinsaturados a aquellos que tienen dos o más dobles enlaces en su estructura, por lo que se consideran esenciales dado a que no pueden ser sintetizados de novo en seres humanos (**Bajželj et al., 2021**).

#### **1.5. Identificación del perfil lipídico por Cromatografía de gases-detección de ionización de llama (GC-FID)**

Para la identificación de ácidos grasos por cromatografía de gases FID se desarrolla mediante tres pasos, el primero es la extracción de la grasa de la matriz por método Soxhlet, seguido de una transesterificación de ácidos grasos, es decir, la formación de ésteres metílicos y finalmente inyectarlo al cromatógrafo de gases que dará como resultado un cromatograma con todos los ácidos grasos presentes. Este análisis cromatográfico es muy empleado dado que cuenta con ventajas como la de una base de datos bien establecidas para la identificación de los ácidos grasos, mayor eficiencia y selectividad (**Danish & Nizami, 2019**).

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Determinar el perfil lipídico en harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) mediante cromatografía de gases, para la identificación de ácidos grasos saturados e insaturados.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Extraer de las harinas de papa china (*Colocasia esculenta*), y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) el componente graso mediante método Soxhlet.
- Realizar el análisis de perfil lipídico de la grasa obtenida en la harina de papa china (*Colocasia esculenta*), y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).
- Establecer los tipos de ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la harina de papa china (*Colocasia esculenta*), y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales

Para la determinación del perfil lipídico y extracción del componente graso en harinas de papa china y zanahoria blanca se hizo el uso de los equipos que se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5.**

*Equipos de laboratorio*

EQUIPOS	CANTIDAD
Incubadora Gemmyss	1
Extractor de grasa VELP SCIENTIFICA SER 148	1
Balanza analítica Radwag	1
Procesador de alimentos Hamilton Beach	2
Procesador de alimentos DAEWOO	1
Microondas LG	3
Plancha calefactora	1
Cromatógrafo de gases 5890 serie II (GC-FID)	1
Manta calefactora	1
Horno secador GANDER MTN 1	1
Horno secador Cabela's	1
Campana de extracción de gases NOVATECH-CE120BA	1

*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

Los materiales de laboratorio empleados en la determinación del perfil lipídico y extracción del componente graso en harinas de papa china y zanahoria blanca se detallan en la tabla 6.

**Tabla 6.***Materiales de laboratorio*

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Probeta (50 mL)	4
Espátula	2
Vaso de precipitación 500 mL	2
Tubos Falcon 15 mL	8
Dedales de celulosa	8
Desecador	1
Núcleos de ebullición	14
Cuchillo	1
Papel filtro	1
Pinza	2
Gradilla	1
Cooler	2
Pipetas	4
Micropipetas	2
Puntas de micropipetas	1
Vasos de extracción VELP SER 148	4

*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

Los reactivos empleados en la extracción del componente graso y determinación de perfil lipídico en harinas de papa china y zanahoria blanca se detallan en la tabla 7.

**Tabla 7.***Reactivos de laboratorio*

<b>REACTIVOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Agua destilada	5 L
n-Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> ) ≥ 98,5 % ACS Fisher Scientific	400 mL
Hidróxido de potasio (KOH) 2M MERCK	15 mL
Metanol (CH <sub>3</sub> OH) Extra Puro 99,5% LOBACHEMIE	15 mL

*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

Los insumos y materiales empleados en el desarrollo de la experimentación se detallan en la tabla 8.

**Tabla 8.***Insumos y materiales de escritorio*

<b>INSUMOS Y MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Cofias	caja x 100 unidades
Mascarillas	caja x 100 unidades
Guantes	2 cajas x 50 pares
Gafas protectoras	1 unidad
Papel filtro	1 pliego
Papel aluminio	2 rollos
Alcohol antiséptico	1 litro
Gel antibacterial	1 frasco
Jabón líquido	1 frasco
Computadora	1

<b>INSUMOS Y MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Cámara fotográfica	1
Hojas de papel bond A4	1 paquete
Impresora	1
Esferos	4 unidades

*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

En la tabla 9 se detalla la cantidad de materia prima adquirida del Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato.

**Tabla 9.**

*Cultivos andinos*

<b>CULTIVOS ANDINOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Zanahoria blanca	10 kg
Papa china	10 kg

*Elaborado por: (Moreta ,2023)*

## **2.2. Métodos**

### **2.2.1 Muestreo y Transporte**

La recolección de muestras se realizó en las instalaciones del Mercado Mayorista donde se adquirió las raíces tuberosas papa china (*C. esculenta*) y zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) en cada nave correspondiente. Finalmente, se transportaron a la planta piloto de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología a temperatura ambiente para ser procesados.

### **2.2.2. Preparación de muestras**

Las materias primas se clasificaron acorde a su estado de maduración, es decir, que no se encuentren en estado de pudrición o contaminadas por microorganismos y se lavaron con agua destilada para eliminar impurezas (Costa et al., 2019).

### **2.2.3. Obtención de harina**

Para la obtención de harina el proceso se inició con un lavado exhaustivo de las raíces tuberosas. Posteriormente, se peló las raíces y se cortaron en rodajas finas de aproximadamente 2 mm, a continuación, se sometió a un pretratamiento; se introdujeron las rodajas durante 20 s al microondas (750 W) e inmediatamente a enfriamiento, donde se sumergió las rodajas en agua a 4°C durante 20 s para evitar su oxidación (Salazar et al., 2021).

Seguidamente se realizó un proceso de secado para reducir el contenido de humedad en aproximadamente <14% en hornos secadores GANDER MTN 1 y Cabela's a una temperatura de 65°C durante 8 horas. Al finalizar el secado se molió con ayuda de tres procesadores de alimentos hasta obtener un polvo fino, se pesaron 100 gramos y se colaron en bolsas de plástico ziploc. Se almacenaron en coolers a temperatura ambiente para su posterior análisis (Soesilowati et al., 2019).

### **2.2.4. Extracción de grasa con un equipo Soxhlet**

El componente de graso en harinas originarias de raíces tuberosas presenta bajas cantidades, por lo tanto, se debe seleccionar el solvente y el método ideal para la extracción (Bahrami et al., 2014). Existen diferentes métodos como Folch, Soxhlet, Bligh & Dyer y asistida por microondas (Hewavitharana et al., 2020).

Entre ellos, el recomendado por la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC) para la extracción de grasa bruta en alimentos es Soxhlet, este método usa solventes como: éter de petróleo, éter etílico, pentano y hexano en condiciones específicas (**López-Bascón-Bascon & Luque de Castro, 2020**). En la investigación se usó hexano por ser menos inflamable con respecto a éter de petróleo todo el proceso se realizó bajo una Sorbona.

Para la extracción se empleó un equipo Soxhlet (extractor semiautomático VELP SCIENTIFICA SER 148). Se inicio con el lavado de los vasos de extracción VELP SER 148, seguidamente fueron colocados los núcleos de ebullición y se llevó a la incubadora con temperatura entre 103 a 105 °C durante 15 min, después fueron depositados en un desecador durante 10 min y se procedió a pesar en la balanza analítica. A continuación, se pesaron 5 g de la muestra en papel filtro, se introdujeron en dedales de celulosa y se colocó los imanes del extractor de grasa VELP SCIENTIFICA SER 148. Se encendió el equipo a temperatura de 130 °C adecuada para el hexano  $\geq 98,5$  %.

Se colocó en cada vaso 50 ml de hexano  $\geq 98,5$  % e inicio la fase de inmersión durante 40 min, seguida de la fase de lavado con un tiempo de 60 min y finalmente la fase de recuperación del solvente con una duración de 30 min. Los vasos con la grasa fueron llevados a la incubadora con temperatura entre 103 a 105 °C durante 5 min para volatizar todo el solvente, se colocó en un desecador por 15 min y procedió a pesar (**de Angelis et al., 2021**). Para el cálculo de grasa total se empleó la siguiente formula:

$$\text{Grasa\%} = \frac{w_2 - w_0}{w_1} * 100$$

Donde:

$w_0$ = peso del vaso

$w_1$ = peso de la muestra

$w_2$ = peso del vaso con grasa

### 2.2.5. Preparación de ésteres metílicos

Dentro de la cromatografía de gases es necesaria la transesterificación con la finalidad de mejorar la estabilidad térmica y sensibilidad de detección de ácidos grasos con un número de carbonos superior a 10 (**Ugur et al., 2021**) Consiste en la reacción de un



triglicérido con un alcohol para formar alquil ésteres y glicerol (**Langseter et al., 2021**).

Para la obtención de ésteres metílicos el procedimiento fue el siguiente, dado que las muestras presentaron bajo contenido de grasa se concentraron con 5 mL de hexano y se agregó 1,31 g hidróxido de potasio (2M) en un balón (10 mL) y se aforo con metanol, seguidamente se llevó a agitación en un vortex durante 2 min y se dejó reposar durante 1 h, después se trasvaso a viales cromatográficos para el análisis en el cromatógrafo de gases (GC-FID) (**Salvi, 2022; Chasquibol et al., 2022**).

#### **2.2.6. Análisis de la composición de ácidos grasos mediante cromatografía de gases - detección de ionización de llama (GC-FID)**

Tras la transesterificación se realizó el análisis de ácidos grasos mediante cromatografía de (GC) siendo un método muy sensible que se usa para identificar y cuantificar el contenido de ácidos grasos (**Mota et al., 2021**). Para la determinación de ácidos grasos se usó el cromatógrafo de gases con detección de ionización de llama 5890 serie II (GC-FID) permite, separar, identificar y cuantificar los diferentes ácidos grasos presentes en las muestras. Las condiciones a las cuales se llevó el análisis son las siguientes:

Para el análisis de por cromatografía de gases se inyectó 1.5 $\mu$ L en el puerto de inyección, en conjunto con el detector se mantuvieron a 250°C, mientras que la temperatura inicial de la columna fue 100°C, la temperatura del horno fue de 120°C por 5 min, se aumentó la temperatura a razón de 10°C/min hasta la temperatura final de 240°C. Se utilizó una columna capilar Zebron ZW-WAXplus para separar los ésteres metílicos. Los picos se identificaron por comparación de ésteres metílicos de ácidos grasos estándar. Se uso nitrógeno como gas portador a una velocidad de flujo de 15psi (**Arena et al., 2022**).

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis extracción de grasa

Los cultivos de raíces y tubérculos andinos juegan un papel crucial dentro de la dieta de los seres humanos, dado que, presentan grandes aportes nutricionales. Son bajos en componentes grasos, pero en ellos radican propiedades nutricionales que ayudan a prevenir trastornos metabólicos (**Chandrasekara & Josheph Kumar, 2016**).

Ecuador es un país rico en la agrobiodiversidad de raíces y tubérculos que industrializados pueden ser parte de alimentos funcionales, como se muestra la tabla 10 presenta el componente graso de dos raíces tuberosas que cuentan con ácidos grasos beneficiosos para la salud.

**Tabla 10.**

*Resultados del componente graso*

Harina	Grasa bruta (%)
Papa china ( <i>C. esculenta</i> )	0.40 ± 0.04
Zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> )	0.84 ± 0.07

**Nota:** los valores se expresan en promedio de cuatro réplicas ± desviación estándar.

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

El contenido de grasa total en la harina de papa china (*C. esculenta*) representó el 0.40 ± 0.04% presentando similitud con los reportados por **Calle et al., (2020)**, en el estudio “Desarrollo de panes sin gluten a partir de harina de *Colocasia esculenta* mezclada con hidrocoloides y enzimas” realizado en Cuba, donde se determinaron valores de contenido de grasa de un 0.53 ± 0.00% corroborando los resultados de la experimentación.

Mientras que, los resultados presentados por **Salazar et al., (2021)** son el 0.73 ± 0.08% diferencia significativa al valor obtenido. Esta diferencia puede estar relacionada al solvente usado durante la extracción, dado que los autores emplearon éter de petróleo.

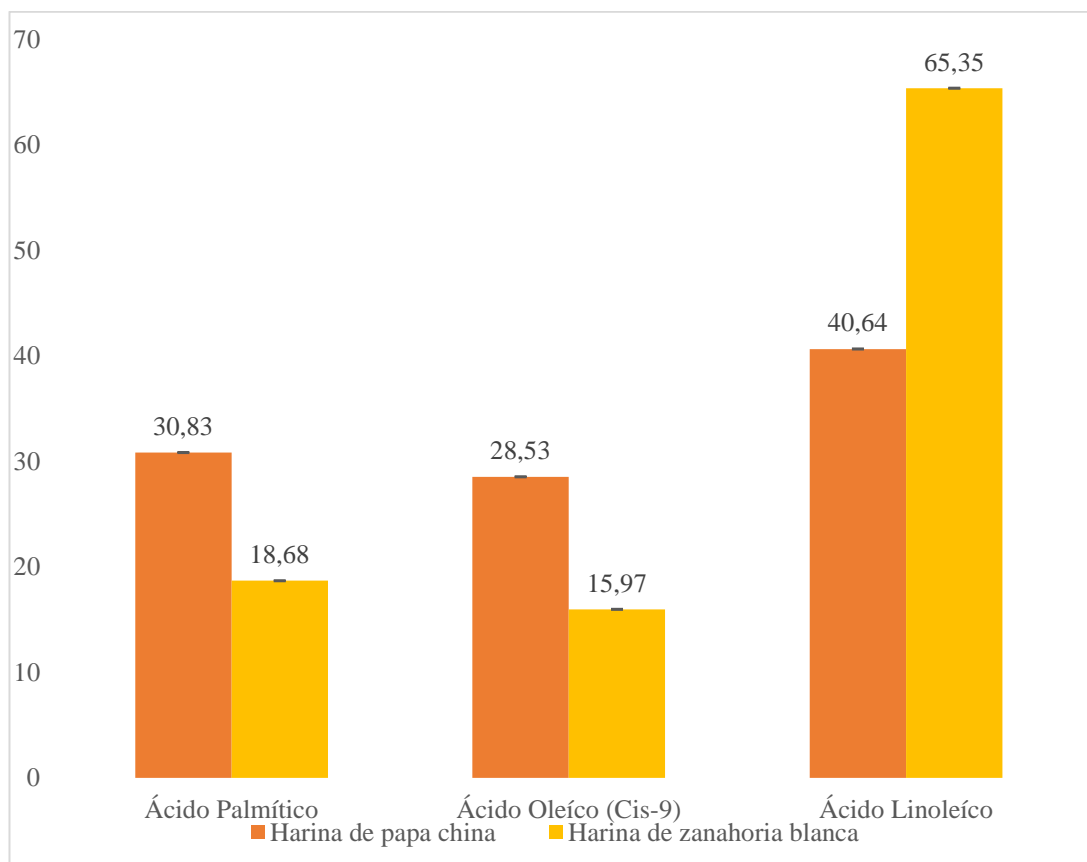
En cuanto a la zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*) se obtuvo valores de  $0.84 \pm 0.07\%$  siendo similares a los reportados por **Salazar et al., (2021)** en el estudio “Caracterización y Potencial Tecnológico de Harinas de Cultivos Ancestrales Andinos Subutilizados de Ecuador” con  $0.69 \pm 0.08\%$  de grasa total en la harina, corroborando los resultados de la investigación.

Mientras que, **Choquechambi et al., (2019)**, obtuvieron el  $0.43 \pm 0.08\%$  de lípidos totales en la harina, esta diferencia puede estar relacionada a la diferencia de la zona geográfica en la cual se cultivó esta raíz, dado que la materia prima era proveniente de Bolivia y Perú.

### 3.2. Perfil lipídico

**Figura 3.**

*Porcentaje total de perfil lipídico en harina papa china (*C. esculenta*) y harina de zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*)*



En la figura 5 se observa el perfil lipídico en harinas de papa china y zanahoria blanca, donde se muestra la presencia de 3 ácidos grasos (AG) con diferencia significativa entre ellos, los tres AG representativos son el ácido palmítico, ácido oleico y el ácido linoleico, comparando con otra raíz tuberosa *Lepidium peruvianum* Chaco'n presenta los mismos ácidos grasos en su perfil lipídico. Por lo tanto, se puede establecer la hipótesis que en raíces tuberosas la presencia de estos tres ácidos es esencial (**Quiroga Ledezma, 2020**).

En la tabla 11 se muestra el perfil de lípidos en harinas de papa china y zanahoria blanca.

**Tabla 11.**

*Porcentaje de ácidos grasos totales*

Ácidos grasos	Harina de papa china ( <i>C. esculenta</i> )	Harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> )
Saturados	30.83	18.68
Monoinsaturados	28.53	15.97
Poliinsaturados	40.64	65.35

**Nota:** Abreviatura AGS (ácidos grasos saturados), AGMI (ácidos grasos monoinsaturados), AGPI (ácidos grasos poliinsaturados).

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

De acuerdo con los resultados obtenidos en harina de papa china cuenta con mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados correspondiente al linoleico con el 40.64%, seguido de los ácidos grasos saturados correspondiente al palmítico con el 30.83% y ácidos grasos monoinsaturados correspondiente al oleico con el 28.53%. Según el estudio realizado por **Tresina et al., (2020)** en la misma raíz corroboran la presencia de los tres ácidos grasos. Asimismo, presenta mayor contenido de ácido linoleico 32.4%, ácido palmítico 27.26% y ácido oleico 12.06%.

Asimismo, se indagó en el contenido del tubérculo *Eminium rauwolffii* perteneciente a la familia *Araceae*, presentando de igual manera los tres ácidos grasos representativos en las harinas de la investigación. Su perfil cuenta con la presencia de

16 ácidos grasos, entre ellos los más representativos fueron; ácido linoleico 26.22%, ácido palmítico 23.42% y ácido oleico 16.78%. la diferencia de contenido de cada ácido se debe a la presencia de más ácidos grasos (**Ergün, 2021**).

Al igual que la anterior harina, la zanahoria blanca también mostró mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados con el linoleico con 65.35%, seguido de ácidos grasos saturados como el palmítico con 18.68% y ácidos monoinsaturados como el oleico con 15.97%. Dentro de la familia de la *Umbelíferas* la *Daucus carota* L, conocida comúnmente como zanahoria presenta 13 AG, los representativos son el ácido linoleico 54.04%, seguido del ácido palmítico 15.57% y ácido oleico 12.59%, corroborando la presencia y alto contenido de estos en ambas raíces (**Aremu et al., 2021**).

También se identificó raíces de la planta *Ruscus hyrcanus* Woronow, es empleada desde la medicina tradicional, igual que las raíces estudiadas, específicamente en enfermedades, como artritis, colitis, insuficiencia venosa crónica, nefritis, arterosclerosis y trastornos cutáneos (**Walasek-Janusz et al., 2022**).

Su perfil lipídico mostró la presencia de 11 ácidos grasos donde el contenido representativo de cada grupo fue, el ácido palmítico con el 19.17%, ácido oleico con 13.72% y ácido linoleico con 23.75%. Corroborando los datos obtenidos en la experimentación con las dos harinas (**Bahadori et al., 2019**).

Asimismo, se relacionó el aporte de AG de pseudocereales como el amaranto y triticale, donde los principales ácidos grasos encontrados fueron el ácido linoleico y el ácido oleico, presentando similitud a los obtenidos en las harinas estudiadas, por lo que se puede deducir que tienen un aporte similar de estos ácidos en la dieta (**Ferreira et al., 2022**).

En cuanto ácidos grasos monoinsaturados considerados ácidos neutros para la salud están presentes principalmente en el aceite de oliva representa el 55% al 83%, (**Hernández et al., 2021**) Asimismo, este ácido está presente en semillas de tomate serpiente con valores de 19.47% a 26.51%, por lo que se puede deducir que el aporte de las harinas estudiadas es similar al de estas semillas y al aceite de oliva (**Oyeleke et al., 2022**).

### 3.3. Clasificación de ácidos grasos presentes en las harinas de papa china (*C. esculenta*) y zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*)

La tabla 12 muestra de forma detallada los tipos de ácidos grasos encontrados en el perfil lipídico en la harina de zanahoria blanca con su respectiva fórmula molecular.

**Tabla 12.**

*Clasificación de ácidos grasos en harina de papa china (C. esculenta)*

Ácidos grasos	Harina de papa china ( <i>C. esculenta</i> )	Fórmula molecular
Saturados	Ácido palmítico	$C_{16}H_{32}O_2$
Monoinsaturados	Ácido oleico	$C_{18}H_{34}O_2$
Poliinsaturados	Ácido linoleico	$C_{18}H_{32}O_2$

**Nota:** Abreviatura AGS (ácidos grasos saturados), AGMI (ácidos grasos monoinsaturados), AGPI (ácidos grasos poliinsaturados).

*Elaborado por: (Moreta, 2023)*

La tabla 13 muestra de forma detallada los tipos de ácidos grasos encontrados en el perfil lipídico en la harina de zanahoria blanca con su respectiva fórmula molecular.

**Tabla 13.**

*Clasificación de ácidos grasos en harina de zanahoria blanca (A. xanthorrhiza)*

Ácidos grasos	Harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> )	Fórmula molecular
Saturados	Ácido palmítico	$C_{16}H_{32}O_2$
Monoinsaturados	Ácido oleico	$C_{18}H_{34}O_2$
Poliinsaturados	Ácido linoleico	$C_{18}H_{32}O_2$

**Nota:** Abreviatura AGS (ácidos grasos saturados), AGMI (ácidos grasos monoinsaturados), AGPI (ácidos grasos poliinsaturados).

*Elaborado por: (Moreta, 2023)*

Los ácidos saturados son catalogados como perjudiciales para la salud, ya que, están relacionados con enfermedades cardiovasculares, son procedentes de origen animal y vegetal (**Duarte et al., 2020**). El ácido palmítico, contiene 16 carbonos en su estructura, está presente tejidos humanos y animales, hongos, plantas, levaduras, bacterias y algas (**Murru et al., 2022**).

El cuerpo humano puede sintetizarlo de forma endógena a partir de aminoácidos, otros ácidos grasos y carbohidratos (**Fatima et al., 2019**). Su ingesta diaria va del 21% al 30% de grasa total, su consumo excesivo incrementa el riesgo a contraer enfermedades cardiovasculares, dado que incrementa el colesterol en plasma sanguíneo (**Shramko et al., 2020**).

Ácidos grasos monoinsaturados se los considera neutros, poseen la capacidad activar mecanismos antiinflamatorios y de esa manera revertir el efecto dañino producido por los ácidos grasos saturados (**Ravaut et al., 2020**). El representativo en la investigación es el ácido oleico, contiene 18 carbonos un doble enlace *cis* en la posición 9, se considera beneficioso para salud, dado que disminuye el riesgo a contraer enfermedades coronarias, obesidad, hipertensión y diabetes tipo 2. Además, reduce el deterioro relacionado con el Alzheimer e interviene como protector frente a accidentes cerebrovascular (**Arsic et al., 2019**).

Asimismo, un estudio en animales afirma que previene úlceras mediante la reducción de secreción del ácido clorhídrico, pero aún no se han realizado casos clínicos que garanticen su eficiencia en humanos (**Pastor et al., 2021**).

Finalmente, los ácidos grasos poliinsaturados son beneficiosos para la salud, dado que actúan como mediadores biológicos relacionados a afecciones cardiovasculares (**Bajželj et al., 2021**). El sobresaliente en las harinas estudiadas es el ácido linoleico de serie omega 6, contiene 18 carbonos y dos dobles enlaces *cis* en la posición 9 y 12, se considera esencial, su ingesta diaria se encuentra entre el 4% al 10% de grasa total, también se considera el que 2% es suficiente para prevenir el déficit de ácidos grasos esenciales. Además, ayuda a reducir las enfermedades cardiovasculares (**Hamilton & Klett, 2021**).

Por lo tanto, estudios sugieren sustituir el consumo de ácidos grasos saturados por el ácido linoleico, ya que, reduce el riesgo a contraer enfermedades cardiovasculares y también puede llegar a afectar al metabolismo de la glucosa (Marangoni et al., 2020; Jandacek, 2017).

### 3.4. Valor nutricional en harinas

**Tabla 14.**

*Índices de calidad nutricional*

Perfil de ácidos grasos	Harina de papa china ( <i>C. esculenta</i> )	Harina de zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> )
Relación (AGPI/AGS)	1.32	3.50
Índice aterogénico (IA)	0.45	0.23

**Nota:** La presente tabla muestra índices de valor nutricional presentes en las harinas.

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

En la tabla 14 se muestran los índices de calidad nutricional, determinados mediante la sumatoria de ácidos grasos saturados e insaturados obtenidos en el perfil lipídico de las harinas de papa china y zanahoria blanca. Han sido analizados para determinar la calidad nutricional, identificando sus propiedades beneficiosas para la salud o causantes de enfermedades crónicas. Por lo tanto, se evaluó la relación AGPI/AGS y el índice aterogénico (IA) (Moussavi Javardi et al., 2020).

El primer indicador es la relación ácido graso poliinsaturado/ácido graso saturado usado para evaluar la dieta en la salud cardiovascular, los resultados experimentales fueron de 1.32 en papa china y 3.50 en zanahoria blanca. Por lo tanto, el perfil de ácidos grasos es saludable mientras menor cantidad de ácidos grasos saturados contenga. Comparando las dos harinas la zanahoria blanca es la más saludable con respecto a la papa china por presentar mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados en su perfil (Ferreira et al., 2022).



El índice aterogénico fue propuesto por Ulbricht y Southgate en 1991 (Ulbricht & Southgate, 1991), donde se requiere de la suma de los principales ácidos grasos saturados como; C12:0 ácido láurico, C14:0 ácido mirístico, C16:0 ácido palmítico a excepción del C18:0 ácido esteárico, dado que es considerado favorable para adhesión de lípidos a las células del sistema inmunológico y circulatorio. Dividido para la suma de ácidos grasos insaturados (Omri et al., 2019).

Se ha encontrado que el IA en cultivos oscila entre el 0.084 a 0.55 (Chen & Liu, 2020), lo que permite corroborar los resultados obtenidos en la tabla 14. Por lo tanto, se puede afirmar que productos y alimentos con el IA bajo reducen el colesterol del plasma sanguíneo humano y así presenta menos posibilidad de contraer enfermedades cardiovasculares (Yurchenko et al., 2018).

### 3.5. Análisis estadístico.

En la tabla 15 se muestra el análisis estadístico, donde se puede observar que las harinas difieren significativamente tanto en componente graso como en la composición de ácidos grasos.

**Tabla 15.**

*Análisis estadístico*

Harina	Extracción de grasa	Ácido palmítico	Ácido oleico	Ácido linoleico
Papa china	0.402±0.042 <sup>b</sup>	30.83±0.05 <sup>a</sup>	28.53±0.05 <sup>a</sup>	40.64±0.05 <sup>b</sup>
Zanahoria blanca	0.843±0.071 <sup>a</sup>	18.68±0.05 <sup>b</sup>	15.97±0.05 <sup>b</sup>	65.35±0.05 <sup>a</sup>

**Nota:** Se realizó análisis estadístico con ANOVA y la prueba de comparación Tukey al 95% de confianza. Las letras (a, b) indican diferencia significativa entre las muestras.

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se extrajo el componente graso en las harinas de papa china y zanahoria mediante método Soxhlet con n-hexano dando resultados de  $0.40 \pm 0.04\%$  y  $0.84 \pm 0.07\%$  respectivamente, siendo la zanahoria blanca con mayor cantidad del componente graso.
- Se realizó el análisis del perfil lipídico en harinas de papa china y zanahoria blanca, transformando la grasa en ésteres metílicos para ser usados en la cromatografía de gases FID usando material de referencia donde se observó 3 picos cromatográficos correspondientes a C18:0, C18:1n9c y C18:2n6c; siendo el ácido linoleico el de mayor concentración en ambas harinas.
- Se estableció los tipos de ácidos presente en harinas de papa china y zanahoria blanca obtenidas a nivel local, tomando en cuenta la clasificación a la que pertenecen, ya sean saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, siendo el ácido palmítico, ácido oleico y ácido linoleico. Además, se determinó la relación entre AGPI/AGS, con resultados de 1.32% y 3.50% respectivamente también se calculó el índice aterogénico (IA) de 0.45% y 0.23% respectivamente, infiriendo de esta forma que las harinas de papa china y zanahoria blanca aportan un valor nutritivo en la dieta diaria.
- Se determinó el perfil lipídico en harinas de papa china y zanahoria blanca, por el método de cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) obteniendo resultados de ácidos grasos saturados con el 30.83% y 18.68%; ácidos monoinsaturados 28.53, y 15.97%; ácidos poliinsaturados 40.64%, y 65.35%, respectivamente. Considerando estos resultados y su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados correspondiente al ácido linoleico, siendo recomendable su consumo en la dieta, dado que no se pueden sintetizar en el cuerpo y es necesaria su administración.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Realizar investigaciones acerca de cultivos de tubérculos y raíces andinas en Ecuador, dado que presentan un gran aporte económico y nutricional a la sociedad y juega un papel importante en la seguridad alimentaria en todo el mundo.
- Determinar el perfil lipídico de los diferentes cultivos de raíces tuberosas andinas de Ecuador incluidas con su cáscara para conocer más aportes beneficiosos a la salud

## MATERIALES DE REFERENCIA

### Referencias Bibliográficas

- Aditika, Kapoor, B., Singh, S., & Kumar, P. (2022). Taro (*Colocasia esculenta*): Zero wastage orphan food crop for food and nutritional security. *South African Journal of Botany*, *145*, 157–169. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2021.08.014>
- Ahmed, I., Lockhart, P. J., Agoo, E. M. G., Naing, K. W., Nguyen, D. v., Medhi, D. K., & Matthews, P. J. (2020). Evolutionary origins of taro (*Colocasia esculenta*) in Southeast Asia. *Ecology and Evolution*, *10*(23), 13530–13543. <https://doi.org/10.1002/ECE3.6958>
- Ahmed, S., Shah, P., & Ahmed, O. (2022). Biochemistry, Lipids. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525952/>
- Albano, K. M., Franco, C. M. L., & Telis, V. R. N. (2014). Rheological behavior of Peruvian carrot starch gels as affected by temperature and concentration. *Food Hydrocolloids*, *40*, 30–43. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2014.02.003>
- Aremu, M. O., Omosebi, O. M., & Mohammed Baba, N. (2021). Lipid Profiles and Health Promoting Uses of Carrot (*Daucus carota* L.) and Cucumber (*Cucumis sativus* L.) View project Soybeans View project. *Article in International Journal of Sciences*. <https://doi.org/10.18483/ijSci.2485>
- Arena, P., Rigano, F., Guarnaccia, P., Dugo, P., Mondello, L., & Trovato, E. (2022). Elucidation of the Lipid Composition of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Products by Means of Gas Chromatography and Ultra-High Performance Liquid Chromatography Coupled to Mass Spectrometry Detection. *Molecules* *2022*, Vol. *27*, Page 3358, *27*(10), 3358. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27103358>
- Arsic, A., Stojanovic, A., & Mikic, M. (2019). Oleic acid - Health benefits and status in plasma phospholipids in the serbian population. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research*, *20*(2), 3–8. <https://doi.org/10.1515/SJECR-2017-0077>

- Bahadori, M. B., Asnaashari, S., & Nazemiyeh, H. (2019). Fatty acid profile of roots and aerial parts of *ruscus hyrcanus woronow*. *Pharmaceutical Sciences*, 25(1), 78–81. <https://doi.org/10.15171/PS.2019.12>
- Bahrami, N., Yonekura, L., Linforth, R., Carvalho da Silva, M., Hill, S., Penson, S., Choje, G., & Fisk, I. D. (2014). Comparison of ambient solvent extraction methods for the analysis of fatty acids in non-starch lipids of flour and starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 415. <https://doi.org/10.1002/JSFA.6449>
- Bajželj, B., Laguzzi, F., & Rööös, E. (2021). The role of fats in the transition to sustainable diets. *The Lancet Planetary Health*, 5(9), e644–e653. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00194-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00194-7)
- Basalingappa, K. M. (2018). *Taro (Colocasia esculenta): An overview*. Chandrashekrappa Gk Faculty of life sciences. <https://www.researchgate.net/publication/340548916>
- Calle, J., Benavent-Gil, Y., & Rosell, C. M. (2020). Development of gluten free breads from *Colocasia esculenta* flour blended with hydrocolloids and enzymes. *Food Hydrocolloids*, 98, 105243. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.105243>
- Carpio, P. L. (2018). Plant Biodiversity of Ecuador: A Neotropical Megadiverse Country. In *Global Biodiversity*. <https://doi.org/10.1201/9780429433634-6>
- Castanha, N., Villar, J., Matta Junior, M. D. da, Anjos, C. B. P. dos, & Augusto, P. E. D. (2018). Structure and properties of starches from Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) roots. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 1029–1038. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2018.06.015>
- Chandrasekara, A., & Josheph Kumar, T. (2016). Roots and Tuber Crops as Functional Foods: A Review on Phytochemical Constituents and Their Potential Health Benefits. *International Journal of Food Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3631647>
- Chasquibol, N., Alarcón, R., Gonzales, B. F., Sotelo, A., Landoni, L., Gallardo, G., García, B., & Pérez-Camino, M. C. (2022). Design of Functional Powdered Beverages Containing Co-Microcapsules of Sacha Inchi *P. huayllabambana* Oil

- and Antioxidant Extracts of Camu Camu and Mango Skins. *Antioxidants* 2022, Vol. 11, Page 1420, 11(8), 1420. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX11081420>
- Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 1–24. <https://doi.org/10.3390/IJMS21165695>
- Choquechambi, L. A., Callisaya, I. R., Ramos, A., Bosque, H., Mújica, A., Jacobsen, S. E., Sørensen, M., & Leidi, E. O. (2019). Assessing the Nutritional Value of Root and Tuber Crops from Bolivia and Peru. *Foods*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/FOODS8110526>
- Costa, V. C., Babos, D. V., Gamela, R. R., Amorim, F. A. C., & Pereira-Filho, E. R. (2019). Proposition of Sample Preparation Procedure of Cassava Flour with Diluted Acid Using Mixture Design and Evaluation of Nutrient Profiles by Multivariate Data Analysis. *Food Analytical Methods* 2019 13:1, 13(1), 145–154. <https://doi.org/10.1007/S12161-019-01559-8>
- Danish, M., & Nizami, M. (2019). Complete fatty acid analysis data of flaxseed oil using GC-FID method. *Data in Brief*, 23, 103845. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103845>
- de Angelis, D., Pasqualone, A., Costantini, M., Ricciardi, L., Lotti, C., Pavan, S., & Summo, C. (2021). Data on the proximate composition, bioactive compounds, physicochemical and functional properties of a collection of faba beans (*Vicia faba* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Data in Brief*, 34, 106660. <https://doi.org/10.1016/J.DIB.2020.106660>
- Duarte, C., Boccardi, V., Amaro Andrade, P., Souza Lopes, A. C., & Jacques, P. F. (2020). Dairy versus other saturated fats source and cardiometabolic risk markers: Systematic review of randomized controlled trials. *https://Doi.Org/10.1080/10408398.2020.1736509*, 61(3), 450–461. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1736509>
- Ergün, Z. (2021). *Ergün / Determination of Fatty Acid Composition of Seed and Tuber Oils of Eminiumrauwofffii (Blume) Schott var. rauwofffii*. 11(1), 28–32. <https://doi.org/10.1080/0>

- Fatima, S., Hu, X., Gong, R. H., Huang, C., Chen, M., Wong, H. L. X., Bian, Z., & Kwan, H. Y. (2019). Palmitic acid is an intracellular signaling molecule involved in disease development. *Cellular and Molecular Life Sciences* 2019 76:13, 76(13), 2547–2557. <https://doi.org/10.1007/S00018-019-03092-7>
- Ferreira, D. S., Rocha, J. C. B., Arellano, D. B., & Pallone, J. A. L. (2022). Discrimination of South American grains based on fatty acid. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 14(3), 30–42. <https://doi.org/10.15586/QAS.V14I3.1064>
- Fung, F., Wang, H. S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2), 88–95. <https://doi.org/10.1016/J.BJ.2018.03.003>
- Garnica Montaña, J. P., Villamil Carvajal, J. E., Atencio Solano, L. M., & Jaramillo-Barrios, C. I. (2021). Caracterización fenotípica de tres cultivares regionales de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Tolima, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 18(1), 1–20. <https://doi.org/10.19053/01228420.V18.N1.2021.12041>
- Guchhait, S., Bhattacharya, A., Pal, S., Mazumdar, D., Chattopadhyay, A., & Das, A. K. (2008). Quality Evaluation of Cormels of New Germplasm of Taro. <Http://Dx.Doi.Org/10.1080/19315260802212738>, 14(4), 304–321. <https://doi.org/10.1080/19315260802212738>
- Hamilton, J. S., & Klett, E. L. (2021). Linoleic acid and the regulation of glucose homeostasis: A review of the evidence. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 175, 102366. <https://doi.org/10.1016/J.PLEFA.2021.102366>
- Hernández, M. L., Sicardo, M. D., Belaj, A., & Martínez-Rivas, J. M. (2021). The Oleic/Linoleic Acid Ratio in Olive (*Olea europaea* L.) Fruit Mesocarp Is Mainly Controlled by OeFAD2-2 and OeFAD2-5 Genes Together with the Different Specificity of Extrplastidial Acyltransferase Enzymes. *Frontiers in Plant Science*, 12, 345. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.653997/BIBTEX>
- Hewavitharana, G. G., Perera, D. N., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl

- esters for gas chromatography: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6865–6875. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2020.06.039>
- Jandacek, R. J. (2017). Linoleic Acid: A Nutritional Quandary. *Healthcare*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE5020025>
- Langseter, A. M., Dzurendova, S., Shapaval, V., Kohler, A., Ekeberg, D., & Zimmermann, B. (2021). Evaluation and optimisation of direct transesterification methods for the assessment of lipid accumulation in oleaginous filamentous fungi. *Microbial Cell Factories*, 20(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12934-021-01542-1/TABLES/3>
- Lebot, V., Tuia, V., Ivancic, A., Jackson, G. V. H., Saborio, F., Reyes, G., Rodriguez, S., Robin, G., Traoré, R., Aboagye, L., Onyeka, J., van Rensburg, W., Andrianavalona, V., Mukherjee, A., Prana, M. S., Ferraren, D., Komolong, B., Lawac, F., Winter, S., Iosefa, T. (2017). Adapting clonally propagated crops to climatic changes: a global approach for taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Genetic Resources and Crop Evolution* 2017 65:2, 65(2), 591–606. <https://doi.org/10.1007/S10722-017-0557-6>
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S. E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86–93. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2018.10.007>
- Londoño-Restrepo, S. M., Rincón-Londoño, N., Contreras-Padilla, M., Millan-Malo, B. M., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2018). Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (*Arracacia xanthorrhiza*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 1188–1197. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2018.03.021>
- López-Bascón-Bascon, M. A., & Luque de Castro, M. D. (2020). Soxhlet Extraction. *Liquid-Phase Extraction*, 327–354. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816911-7.00011-6>



- Luziatelli, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S. E. (2020). Current uses of Andean Roots and Tuber Crops in South American gourmet restaurants. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100270. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2020.100270>
- Marangoni, F., Agostoni, C., Borghi, C., Catapano, A. L., Cena, H., Ghiselli, A., la Vecchia, C., Lercker, G., Manzato, E., Pirillo, A., Riccardi, G., Risé, P., Visioli, F., & Poli, A. (2020). Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*, 292, 90–98. <https://doi.org/10.1016/J.ATHEROSCLEROSIS.2019.11.018>
- Miyasaka, S. C., Bellinger, M. R., Kantar, M. B., Helmkamp, M., Wolfgruber, T., Paudel, R., & Shintaku, M. (2019). *Genetic Diversity in Taro (Colocasia esculenta)*. 191–215. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6_7)
- Mota, M. F. S., Waktola, H. D., Nolvachai, Y., & Marriott, P. J. (2021). Gas chromatography – mass spectrometry for characterisation, assessment of quality and authentication of seed and vegetable oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 138, 116238. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2021.116238>
- Moussavi Javardi, M. S., Madani, Z., Movahedi, A., Karandish, M., & Abbasi, B. (2020). The correlation between dietary fat quality indices and lipid profile with Atherogenic index of plasma in obese and non-obese volunteers: a cross-sectional descriptive-analytic case-control study. *Lipids in Health and Disease*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S12944-020-01387-4>
- Murru, E., Manca, C., Carta, G., & Banni, S. (2022). Impact of Dietary Palmitic Acid on Lipid Metabolism. *Frontiers in Nutrition*, 9, 311. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.861664/BIBTEX>
- Omri, B., Chalghoumi, R., Izzo, L., Ritieni, A., Lucarini, M., Durazzo, A., Abdouli, H., & Santini, A. (2019). Effect of Dietary Incorporation of Linseed Alone or Together with Tomato-Red Pepper Mix on Laying Hens' Egg Yolk Fatty Acids Profile and Health Lipid Indexes. *Nutrients*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/NU11040813>

- Oyeleke, G. O., Ganiyu, & Adebisi, A. (2022). Evaluation of Snake Tomato (*Trichosanthes Cucumerina*) Seed and Extracted Seed-oils for Relevant Applications. *Innovation in Science and Technology*, 1(2), 14–22. <https://doi.org/10.56397/IST.2022.09.03>
- Pacheco, M. T., Hernández-Hernández, O., Moreno, F. J., & Villamiel, M. (2020). Andean tubers grown in Ecuador: New sources of functional ingredients. *Food Bioscience*, 35, 100601. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2020.100601>
- Palanisamy, P., Bakthavatchalam, P., Karthikeyan, M., Gnanasekaran, A., & Basalingappa, K. M. (2018). Taro (*Colocasia esculenta*): An overview. ~ 156 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(4), 156–161.
- Pastor, R., Bouzas, C., & Tur, J. A. (2021). Beneficial effects of dietary supplementation with olive oil, oleic acid, or hydroxytyrosol in metabolic syndrome: Systematic review and meta-analysis. *Free Radical Biology and Medicine*, 172, 372–385. <https://doi.org/10.1016/J.FREERADBIOMED.2021.06.017>
- Pinto, L. C., de Oliveira, T. P., de Souza, R., Santos, N. B. F., Santos, L. F. P., de Assis Santos, A., dos Santos, T. X., Santos, C. T., de Jesus Nunes, C., Costa, I. B., de Oliveira, A. C., Santos, M. S., Maria de Jesus Benevides, C., & Lopes, M. V. (2021). Probiotic kefir-fermented beverage-based *Colocasia esculenta* L.: Development, characterization, and microbiological stability during chilled storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15113. <https://doi.org/10.1111/JFPP.15113>
- Púa, A. L., Barreto, G. E., Zuleta, J. L., Herrera, O. D., Púa, A. L., Barreto, G. E., Zuleta, J. L., & Herrera, O. D. (2019). Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el Trópico Seco de Colombia. *Información Tecnológica*, 30(4), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>
- Quilapanta, R., Dávila, M., Carlos Vásquez, :, & Frutos, V. (2018). Morfotipos de *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (Zanahoria blanca) de Ecuador, como fuente de variabilidad del germoplasma. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 281–286. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2018.02.13>

- Quiroga Ledezma, C. C. (2020). Native food crops for present and future generations: Their role in nutrition and health. *Sustainability of the Food System: Sovereignty, Waste, and Nutrients Bioavailability*, 3–23. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X>
- Ravaut, G., Légiot, A., Bergeron, K. F., & Mounier, C. (2020). Monounsaturated Fatty Acids in Obesity-Related Inflammation. *International Journal of Molecular Sciences* 2021, Vol. 22, Page 330, 22(1), 330. <https://doi.org/10.3390/IJMS22010330>
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant Starch—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2006.TB00076.X>
- Saklani, A., Kaushik, R., Chawla, P., Kumar, N., & Kumar, M. (2021). Effect of taro (*Colocasia esculenta*) enrichment on physicochemical and textural properties of cake. *International Journal of Food Studies*, 10(0), SI114–SI125. <https://doi.org/10.7455/IJFS/10.SI.2021.A2>
- 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. *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 1693, 11(9), 1693. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11091693>
- Salvi, B. L. (2022). Transesterification methods. *Production of Biodiesel from Non-Edible Sources*, 117–151. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824295-7.00005-X>
- Sefra, A., Jamora, N., Smale, M., & Ghanem, M. E. (2020). The tale of taro leaf blight: a global effort to safeguard the genetic diversity of taro in the Pacific. *Food Security* 2020 12:5, 12(5), 1005–1016. <https://doi.org/10.1007/S12571-020-01039-6>
- Shramko, V. S., Polonskaya, Y. v., Kashtanova, E. v., Stakhneva, E. M., & Ragino, Y. I. (2020). The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders. *Biomolecules*, 10(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/BIOM10081127>

- Soesilowati, E., Martuti, N. K. T., & Paramita, O. (2019). Improving the capacity of tuber flour manufacturer by enhancing the production process and utilizing proper technology. *AIP Conference Proceedings*, 2202(1), 020123. <https://doi.org/10.1063/1.5141736>
- Sudhakar, P., Thenmozhi, V., Srivignesh, S., & Dhanalakshmi, M. (2020). *Colocasia esculenta* (L.) Schott: Pharmacognostic and pharmacological review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 1382–1386. <https://doi.org/10.22271/PHYTO.2020.V9.I4S.11937>
- Tresina, P. S., Doss, A., & Mohan, \*. (2020). *Fatty acid composition of underutilized corms, rhizomes and tubers*. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).123](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).123)
- Ugur, Y., Karaaslan-Ayhan, N., Icen, M. S., Bicim, T., Erdogan, S., & Yaman, M. (2021). Determination of fatty acids in *Allium tuncelianum* (*Tunceli garlic*) by gas chromatography with flame ionization detection (GC–FID). <https://doi.org/10.1080/10739149.2021.1983824>, 50(3), 233–239. <https://doi.org/10.1080/10739149.2021.1983824>
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- Vitamvas, J., Viehmannova, I., Cepkova, P. H., Mrhalova, H., & Eliasova, K. (2019). Assessment of somaclonal variation in indirect morphogenesis-derived plants of *Arracacia xanthorrhiza*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00301>
- Walasek-Janusz, M., Bajena, A., Nurzyńska-Wierdak, R., & Skalicka-Woźniak, K. (2022). Extraction and analysis of ruscogenins from butcher's broom (*Ruscus aculeatus* L.) rhizomes using HPLC. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 21(6), 143–154. <https://doi.org/10.24326/ASPHC.2022.6.12>
- Yin, J., Jiang, L., Wang, L., Han, X., Guo, W., Li, C., Zhou, Y., Denton, M., & Zhang, P. (2021). A high-quality genome of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), one of the world's oldest crops. *Molecular Ecology Resources*, 21(1), 68–77. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13239>

- Yu, C., Tau, Y., Nai, Y., Tau, W., Long, B., Woo Tau, H. N., Nai, Y., & Chai, W. (2015a). *Arracacia xanthorrhiza*. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*, 361–366. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1_7)
- Yu, C., Tau, Y., Nai, Y., Tau, W., Long, B., Woo Tau, H. N., Nai, Y., & Chai, W. (2015b). *Colocasia esculenta*. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*, 454–492. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1_13)
- Yurchenko, S., Sats, A., Tatar, V., Kaart, T., Mootse, H., & Jõudu, I. (2018). Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish Landrace goats. *Food Chemistry*, 254, 326–332. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.02.041>

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### *Rendimiento de harina*

<b>Harina</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Papa china ( <i>C. esculenta</i> )	22,05
Zanahoria blanca ( <i>A. xanthorrhiza</i> )	34,83

**Nota:** el rendimiento de harina se realizó con un solo lote.

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

### Anexo 2.

#### *Extracción de grasa de papa china*

<b>Réplicas</b>	<b>W<sub>0</sub></b>	<b>W<sub>1</sub></b>	<b>W<sub>2</sub></b>	<b>% Grasa bruta</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>R1</b>	71.5599	5.0361	71.5787	0.37330474	
<b>R2</b>	74.4963	5.0485	74.5155	0.380310983	0.04234
<b>R3</b>	74.4339	5.0126	74.4572	0.464828632	
<b>R4</b>	73.4269	5.0482	73.4466	0.390238105	

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

### Anexo 3.

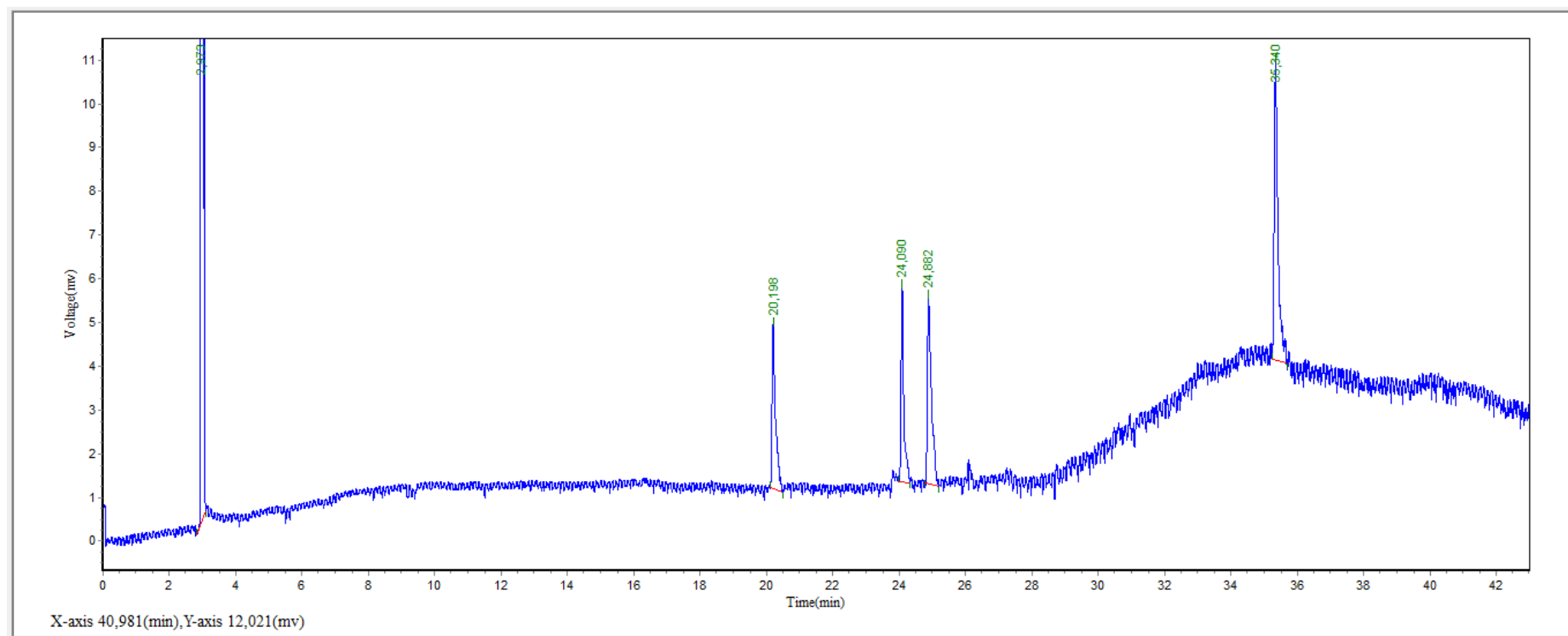
#### *Extracción de grasa de zanahoria blanca*

<b>Réplicas</b>	<b>W<sub>0</sub></b>	<b>W<sub>1</sub></b>	<b>W<sub>2</sub></b>	<b>% Grasa bruta</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>R1</b>	71.3975	5.3152	71.4405	0.8090006	
<b>R2</b>	74.5044	5.8301	74.5487	0.75984975	0.0709
<b>R3</b>	74.6153	5.1553	74.6623	0.91168312	
<b>R4</b>	73.4321	5.006	73.4767	0.89093088	

*Elaborado por:* (Moreta, 2023)

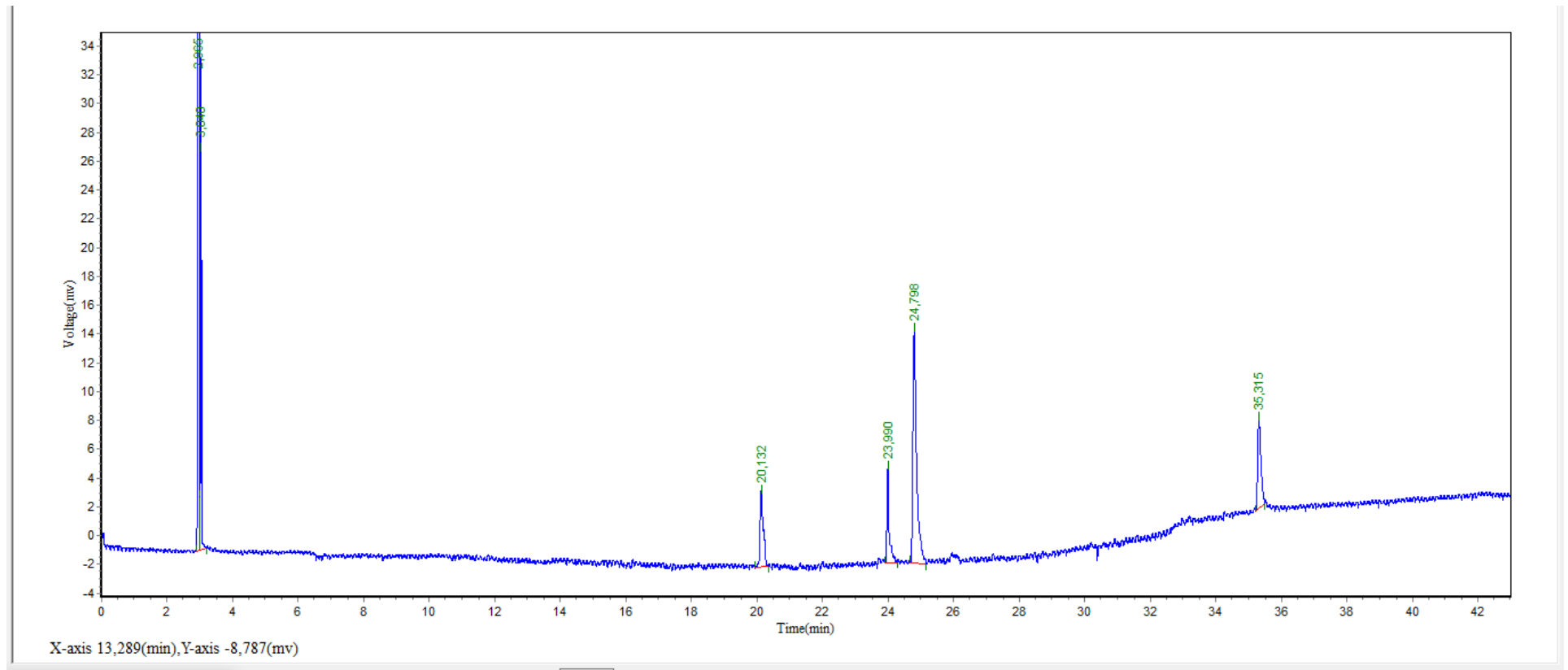
#### Anexo 4.

Cromatograma papa china



## Anexo 5.

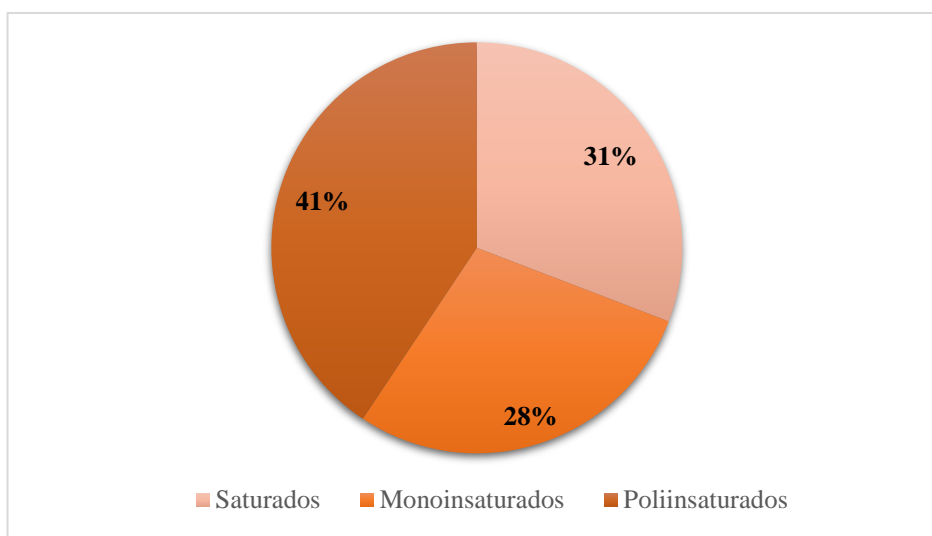
### Cromatograma zanahoria blanca





### Anexo 6.

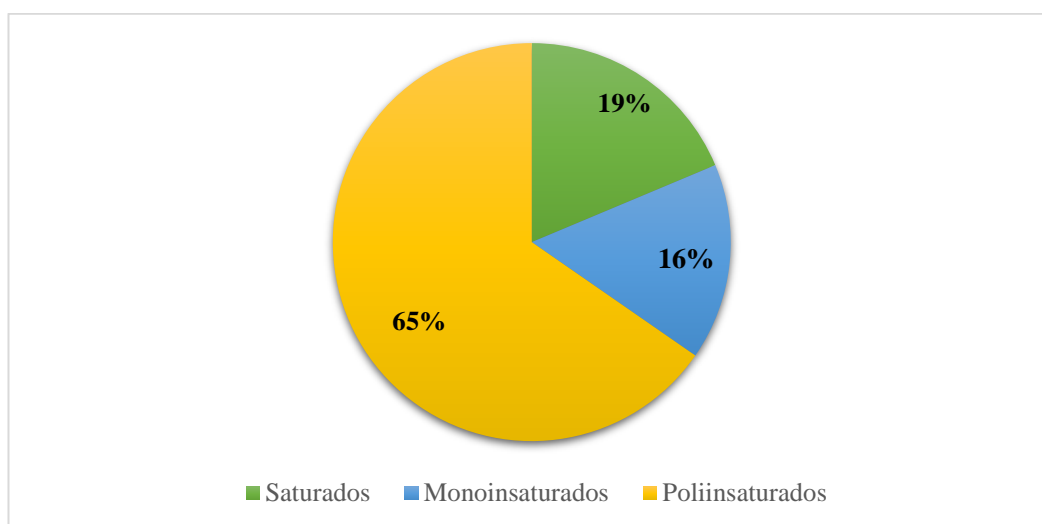
Ácidos grasos totales en harina papa china (*C. esculenta*)



**Nota:** En el anexo 4 se observa los ácidos grasos presentes en harina de papa china, donde el mayor porcentaje de ácidos corresponde a poliinsaturados, seguido de los saturados y finalmente monoinsaturados.

### Anexo 7.

Ácidos grasos totales en harina zanahoria blanca (*A. xanthorrhiza*)



**Nota:** En el Anexo 5 se observa los ácidos grasos presentes en harina de zanahoria blanca, donde predomina la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, seguido de los saturados y monoinsaturados.

### Anexo 8.

Pretratamiento para a obtención de harina de papa china y zanahoria blanca



**Nota:** Pretratamiento realizado en las matrices de papa china y zanahoria blanca, para evitar la oxidación.

### Anexo 9.

Muestras de papa china y zanahoria blanca desecadas



**Nota:** Muestras de papa china y zanahoria blanca desecadas a 65°C durante 8 horas.

## Anexo 10.

### Harina papa china y zanahoria blanca



**Nota:** Procedimiento de obtención de harina de papa china y zanahoria blanca.

## Anexo 11.

### Extracción del componente graso en harinas de papa china y zanahoria blanca



**Nota:** Extracción del componente graso mediante equipo Soxhlet VELP SER-148 y resultados de extracción.

## Anexo 12.

### Cromatógrafo de gases - FID



**Nota:** Obtención de cromatogramas en harinas de papa china y zanahoria blanca.