

Universidad Femenina del Sagrado Corazón  
Facultad de Nutrición y Alimentación  
Escuela Profesional de Nutrición y Dietética

**CARACTERIZACIÓN DEL TOCOSH DE TRES VARIEDADES DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.) NATURAL, COCIDO Y LIOFILIZADO**

Tesis presentada por:  
**ANGIE GRACE MORAN REYES**

Para obtener el Título Profesional de  
Licenciada En Nutrición Y Dietética

Línea de Investigación: Alimentos y Alimentación para la Nutrición

Asesora  
Mg. María Elena Arispe Chávez  
Cod. ORCID: 0000-0001-8159-6819

Lima – Perú

2023

Los miembros del jurado han aprobado el estilo y el contenido de la Tesis sustentada por:

ANGIE GRACE MORAN REYES

Mg. María Elena Arispe Chávez

---

Asesor: Nombre(s) y Apellidos

Mtra. Yadira Jiménez Arrunátegui

---

Presidente de Jurado: Nombre(s) y Apellidos

Dra. Isabel Berrocal Martínez

---

Miembro de Jurado 1: Nombre(s) y Apellidos

Mg. Elizabeth Céspedes García

---

Miembro de Jurado 2: Nombre(s) y Apellidos

Mtra. YADIRA ROSA JIMÉNEZ ARRUNÁTEGUI

---

Decana (e)

Facultad de Nutrición y Alimentación

## Declaratoria de Originalidad del Asesor

<b>Facultad o Escuela de Posgrado:</b>	Nutrición y Alimentación		
<b>Escuela Profesional o Programa Académico:</b>	Nutrición y Dietética		
<b>Dependencia a la que pertenece el docente asesor:</b>	Departamento de Nutrición y Alimentación		
<b>Docente asesor que verifica la originalidad:</b>	María Elena Arispe Chávez		
<b>ORCID:</b>	0000-0001-8159-6819		
<b>Título del documento:</b>	Caracterización del Tocosh de tres variedades de Papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> L.) Natural, Cocido y Liofilizado		
<b>Autora(s) del documento:</b>	Angie Grace Moran Reyes		
<b>Mecanismo utilizado para detección de originalidad:</b>	Software Turnitin		
<b>Nº de trabajo en Turnitin: (10 dígitos)</b>	2214338187		
<b>Porcentaje de <u>similitud</u> detectado:</b>	11	%	
<b>Fuentes originales de las similitudes detectadas:</b>	Fuentes de internet =	11	%
	Publicaciones =	3	%
	Trabajos del estudiante =	4	%
(imagen del % similitud y fuentes detectadas)			
<p style="text-align: center;"> <b>11</b> %  <small>INDICE DE SIMILITUD</small> </p> <p style="text-align: center;"> <b>11</b> %  <small>FUENTES DE INTERNET</small> </p> <p style="text-align: center;"> <b>3</b> %  <small>PUBLICACIONES</small> </p> <p style="text-align: center;"> <b>4</b> %  <small>TRABAJOS DEL ESTUDIANTE</small> </p>			
El docente asesor declara ha revisado el informe de similitud y expresa que el porcentaje señalado cumple con las “Normas Internas de Investigación e Innovación” establecidas por la Universidad Femenina del Sagrado Corazón.			
<b>Fecha de aplicación en Turnitin: (01-11-2023)</b>	01 de noviembre de 2023		



## RESUMEN

El tocosh es un alimento tradicional de las regiones altoandinas del Perú que se obtiene de la fermentación de papa. El objetivo de este estudio fue caracterizar el tocosh de tres variedades de papa en relación con sus propiedades físico-químicas, composición proximal, energía, contenido de polifenoles, actividad antioxidante y perfil microbiológico obtenido del tratamiento natural, cocido y liofilizado. Los métodos utilizados fueron mediante volumetría, gravimetría, espectrofotometría y recuento de microbiano. Los resultados (en base seca) muestran que el contenido de proteínas fue mayor en tocosh de papa Blanca que varió entre 1,65 a 6,44%, mientras que el contenido de cenizas osciló entre 0,78 a 3,50%. Además, el contenido de carbohidratos en las muestras de tocosh fluctuó entre 89,54 a 97,83%. La fracción lipídica fue a favor del tocosh de papa Galleta que varió entre 0,07 a 0,44%. En relación con el contenido de polifenoles el tocosh de papa Walsh osciló entre 13,92 a 69,36 mg GAE/100 g, mientras que la actividad antioxidante medida por el radical DPPH y ABTS varió entre 57,59 a 91,81  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  y 49,82 a 225,95  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  respectivamente. El recuento de *Lactobacillus* fue de 13.68 a 14.88 Ln UFC/g para el tocosh natural, mientras que para el tratamiento por cocción y liofilización fue  $< 10$  UFC/g. De acuerdo con nuestros hallazgos concluimos que el tocosh es un excelente recurso de carbohidratos y *Lactobacillus*, y la liofilización puede ser una alternativa para el diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos.

*Palabras clave:* Tocosh; Liofilización; Carbohidratos; Polifenoles; Actividad antioxidante.

## ABSTRACT

Tocosh is a traditional food from the high Andean regions of Peru that is obtained through the fermentation of potatoes. The objective of this study was to characterize the tocosh of three potato varieties (Walsh, Blanca and Galleta) in relation to their physicochemical properties, proximal composition, energy, polyphenol content, antioxidant activity and microbiological profile obtained from natural, cooked and freeze-dried treatment. The methods used were titration, gravimetry, spectrophotometry and microbial count. The results (on a dry basis) show that the protein content was higher in White potato tocosh which varied between 1.65 to 6.44%, while the ash content ranged between 0.78 to 3.50%. Furthermore, carbohydrate content in the tocosh samples ranged from 89.54 to 97.83%. The lipid fraction was in favor of the Galleta potato tocosh, which varied between 0.07 to 0.44%. The methods used were titration, gravimetry, spectrophotometry and microbial count. In relation to the polyphenol content, the Walsh potato tocosh ranged from 13.92 to 69.36 mg GAE/100 g, while the antioxidant activity measured by the DPPH and ABTS methods varied between 57.59 at 91.81  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  and 49.82 to 225.95  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  respectively. *Lactobacillus* count varied from 13.68 to 14.88 Ln CFU/g in the tocosh natural, while in the treatment by cooking and freeze-drying was  $<10$  CFU/g. According to our findings, we conclude that tocosh is an excellent source of carbohydrates and *Lactobacillus*, and the tocosh freeze-drying process can be an alternative for the design of functional foods and nutraceuticals.

*Keywords:* Tocosh; Freeze-drying; Carbohydrates; Polyphenols; Antioxidant activity.

## RECONOCIMIENTO

Quiero plasmar en estas líneas, mi gratitud a cada uno de los docentes y compañeros de clase que me dejaron un gran conocimiento en mi tierna etapa universitaria, la cual me ha permitido avanzar y culminar una de mis más grandes metas de vida con la culminación de esta tesis.

No quiero dejar de agradecer a mi asesora María Elena Arispe Chávez, quien tuvo mucha paciencia al guiarme en este proceso, al Mg. Celso Gonzáles Chavesta por el apoyo brindado, y un especial agradecimiento a mi profesor Fernando Ramos Escudero, quien estuvo siempre en cada momento para apoyarme con sus conocimientos y su apoyo moral, el cual valoro y aprecio mucho y al Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición por su colaboración en el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, agradezco a quien se toma el tiempo de leer este trabajo que ha sido preparado con mucho esfuerzo y dedicación, espero pueda aportar a sus conocimientos.

## DEDICATORIA

Recordar que deje de pasar muchos momentos importantes con mi familia y sobre todo con mi hijo Ángel Valentino Erwinovich Mogrovejo Moran por asistir a mis clases, me llena de mucha nostalgia, pero sabía que todo esfuerzo tendría sus resultados y es así como pude llegar a este momento para poder dedicarles mi esfuerzo con mucho amor, gracias papá Raúl Laura Rincón por guiarme desde niña y enseñarme a ver la vida diferente y con mucho optimismo, agradezco mucho todas tus enseñanzas y a mi madre Patricia Reyes por transmitirme su fuerza y valentía para seguir siempre adelante y nunca frenarme, a mis hermanos Cristy, Oscar, Bertha, Priscilla, Yare y Yadirha, quienes siempre me animaron a no rendirme, a mi hijo Angelito por todo su amor incondicional y mi sobrina Rafaela por alegrarme con sus travesuras, sepan que los amo mucho y son la fuente de mi felicidad.



## ÍNDICE

	Página
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION</b> .....	14
1.1. Planteamiento del Problema .....	14
1.1.1. Formulación del Problema .....	15
1.1.1.1. Problema general.....	15
1.1.1.2. Problemas específicos .....	16
1.2. Justificación de la Investigación.....	16
1.3. Delimitación de la investigación .....	17
1.4. Objetivos de la Investigación.....	17
1.4.1. Objetivo General .....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	19
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	19
2.2. Bases Teóricas .....	22
2.2.1. La papa .....	22
2.2.2. Tocosh de papa .....	31
2.2.3. Liofilización.....	38
2.2.4. Cocción .....	43
2.3. Definición de términos.....	45
2.3.1. El tocosh. ....	45
2.3.2. Polifenoles.....	45
2.3.3. Actividad antioxidante .....	45
2.3.4. Bacterias ácido-lácticas.....	45

2.4. Formulación de hipótesis .....	45
2.4.1. Hipótesis general .....	45
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>46</b>
3.1. Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación.....	46
3.2. Población y Muestra.....	46
3.3. Operacionalización de las Variables del Estudio.....	46
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información .....	49
3.4.1. Reactivos, materiales y equipos.....	49
3.4.2. Métodos de análisis.....	52
3.5. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento y Análisis de Datos .....	63
3.6. Matriz de Consistencia.....	65
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>112</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Principales productores del continente americano .....	27
2. Principales regiones productoras de papa del Perú .....	28
3. Composición química de variedades de papa expresadas /100 g. ....	29
4. Beneficios saludables de las bacterias ácido lácticas .....	35
5. Composición nutricional de algunos productos fermentados .....	36
6. Variación del ácido láctico durante el proceso de fermentación.....	37
7. Parámetros de liofilización de los alimentos liofilizados .....	41
8. Condiciones de cocción de algunos vegetales a 100 °C.....	43
9. Variables y operacionalización para el presente estudio .....	48
10. Relación de los reactivos utilizados en este estudio .....	50
11. Propiedades fisicoquímicas (% base húmeda) según variedades .....	66
12. Contenido de proteínas (% base humedad) según variedades.....	67
13. Contenido de proteínas (% base seca) según variedades .....	68
14. Contenido de lípidos (% base húmeda) según variedades .....	69
15. Contenido de lípidos (% base seca) según variedades .....	69
16. Contenido de cenizas (% base húmeda) según variedades .....	70
17. Contenido de cenizas (% base seca) según variedades.....	71
18. Contenido de humedad (% bases húmeda) según variedades.....	72
19. Contenido de carbohidratos (% base humedad) según variedades.....	73
20. Contenido de carbohidratos (% base seca) según tratamiento.....	73
21. Recuento de microorganismos en las diferentes variedades de tocosh ...	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Planta de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	24
2. Diagrama de la parte comestible de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L).....	26
3. Estructura química de antioxidantes en la papa.....	30
4. Flujo de procesamiento del tocosh.....	32
5. Ácido láctico mediante la fermentación homoláctica.....	34
6. Proceso de liofilización en un diagrama de presión-temperatura.....	39
7. Representación de un liofilizador a nivel de laboratorio.....	40
8. Contenido de energía (Kcal/100 g) de tocosh según variedades.....	74
9. Contenido de polifenoles totales de tocosh según variedades.....	76
10. Actividad antioxidante mediante DPPH según variedades.....	77
11. Actividad antioxidante mediante ABTS según variedades.....	78



## INTRODUCCIÓN

En el mundo hay aproximadamente 374,000 especies de plantas conocidas. Más de 30,000 están documentadas, de éstas, 7,000 son utilizadas como alimentos para los seres humanos, de las cuales, 20 proveen la mayoría del sustento alimenticio a los seres vivos y solamente tres cultivos (arroz, trigo y maíz) representan aproximadamente el 60% del suministro calórico y 56% de las proteínas consumidas directamente de plantas<sup>1</sup>. Así mismo, hay más de 4,500 tipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) comestible en los Andes de América del Sur, cuarto cultivo más abundante en el mundo con aproximadamente 370 millones de toneladas para el 2019<sup>2</sup>.

En el Perú el cultivo de papa representa un papel clave en la salud alimentaria puesto que esta producción nacional está garantizada. La papa contiene una variedad de propiedades bioquímicas y nutricionales que incluyen almidón, vitamina C, compuestos fenólicos, flavonoides, poliaminas, y carotenoides, los cuales son importantes en la alimentación humana<sup>3</sup>.

A partir de la papa se elaboran muchos productos derivados entre ellos el Tocosh; éste, es considerado un alimento natural y ancestral de los Andes centrales peruanos, tradicionalmente es consumido por su aporte nutricional y utilizado en la medicina vernacular<sup>4</sup>. Para su elaboración se utilizan varios tipos de papa, entre ellas la Walsh-Hualash (Huánuco), Yungay y Canchan (Pasco), etc.<sup>5,6</sup>.

El tocosh es un alimento fermentado en agua durante un tiempo variado, como consecuencia tiene varios tipos de nutrientes como la vitamina B (riboflavina y folato) y microorganismos ácido-lácticos (*Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus farciminis*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus*

*fermentum*) que se desarrollan promoviendo la actividad relacionada con la acidez<sup>4</sup>.

Se conoce poco sobre la composición química proximal y el valor bioactivo del tocosh en la literatura científica. Jiménez et al. evaluó la variedad de bacterias ácido-lácticas en periodos de fermentación de 1 a 8 meses, reportando que existen variaciones en las propiedades nutricionales, el valor nutracéutico, las propiedades fisicoquímicas y la composición de la población de *Lactobacillus*<sup>4</sup>.

Con la finalidad de garantizar la composición nutricional, bioactividad y la cantidad de lactobacillus en las matrices alimentarias, el proceso de liofilización se puede constituir como una excelente herramienta para la conservación, supervivencia y retención de la funcionalidad de los microorganismos beneficiosos durante el almacenamiento<sup>7</sup>. Además, la liofilización juega de forma positiva al preservar la cualidad de los alimentos, color, actividad de agua, vitamina C, polifenoles,  $\beta$ -caroteno y la actividad antioxidante<sup>8</sup>.

En este contexto, este trabajo que corresponde a la Línea de Investigación: Alimentos y Alimentación para la Nutrición de la Escuela Profesional de Nutrición y Dietética, centra sus esfuerzos en la evaluación de las características fisicoquímicas, químico proximal, polifenoles totales, actividad antioxidante y el recuento de microorganismos (mesófilos viables, mohos, levaduras y bacterias ácido-lácticas) de tres variedades de tocosh de papa (Walash, Blanca y Galleta) provenientes de los departamentos de Huánuco y Junín.

## CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

### 1.1. Planteamiento del Problema

La úlcera péptica, el adenocarcinoma gástrico y el linfoma de tejido linfoide son producidas por factores exógenos y endógenos, entre ellos el *Helicobacter pylori*, causante de la mayoría de los casos, una bacteria que va dañando la mucosa gástrica hasta producir una infección en la misma<sup>9</sup>, esta patología se presenta en algún momento de la vida llegando a afectar a cerca de 4.4 mil millones de personas para el 2015 de la población mundial<sup>10</sup>. La prevalencia para América latina y el Caribe esta alrededor del 63.4%, en América del Sur la población positiva fue alrededor del 69.4 %<sup>10</sup>.

En el Perú se ha reportado esta enfermedad de forma similar a los países en vías de desarrollo entre el 50 % a 70 %<sup>11</sup>, siendo más alta la infección en varones que en las mujeres; por otro lado, fue equitativa en la costa, sierra y selva<sup>12</sup>, sin embargo, en estratos socioeconómicos pobres fue del 80 %<sup>13</sup>.

Actualmente los casos de úlcera péptica se ha incrementado notablemente debido al estrés, alto consumo de bebidas estimulantes como café y alcohol, además de la infección producida por la bacteria *Helicobacter pylori*<sup>14</sup>. La gastritis y duodenitis acumulan el 2.5% del total de las atenciones por consulta externa en la Dirección de Salud II Lima Sur<sup>15</sup>.

El tocosh (*Solanum tuberosum* L.) es un alimento andino que posee propiedades nutritivas y medicinales, por su contenido de carbohidratos alrededor del 80.02 %, proteínas 3.91 % y el valor calórico de 343.4 Kcal<sup>16</sup>; además, se han identificado diversos compuestos bioactivos tales como fenoles, alcaloides, saponinas y esteroides<sup>6</sup>, es considerado una excelente fuente de probióticos<sup>4</sup> que contiene varias cepas de bacterias ácido lácticas<sup>17,18</sup> que ayuda

a repotenciar la microflora intestinal y eliminar bacterias patógenas causantes de enfermedades gástricas<sup>19</sup>. Se le atribuye propiedades beneficiosas frente a la gastritis, úlceras, reflujo gastroesofágico, cáncer gástrico, y citoprotector en la mucosa gástrica<sup>6</sup>. Algunos reportes de la medicina tradicional indican como tratamiento alternativo una cucharadita de harina tocosh por 100 mL de agua<sup>6</sup>.

Sin embargo, la conservación de estos componentes con beneficios saludables, presentan limitaciones debido a su sensibilidad al tratamiento por calor, causando un fuerte descenso en las bacterias ácido-lácticas, su capacidad de protección y regeneración de la mucosa gástrica, mientras que tratamientos de deshidratación como la liofilización sería una alternativa para la conservación de sus biocomponentes<sup>20</sup>.

Desde la época incaica, los pobladores de las regiones Andinas han utilizado el tocosh como medicina tradicional, siendo el tocosh cocido (mazamorra) el más consumido en aquella época<sup>6</sup>. La erradicación de cáncer gástrico requiere esfuerzos adicionales y las investigaciones están focalizadas en la prevención y erradicación de *Helicobacter pylori*, por lo que los productos naturales se presentan como alternativa para prevención y manejo de la infección<sup>21</sup>.

En este contexto, para el desarrollo de la presente investigación se formulan las siguientes preguntas.

#### 1.1.1. Formulación del Problema

##### 1.1.1.1. Problema General

¿Qué características presenta el tocosh de tres variedades de papa al estado natural, cocido y liofilizado?

#### 1.1.1.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las propiedades físico - químicas del tocosh natural, cocido y liofilizado?

¿Cuál es el contenido químico proximal en el tocosh natural, cocido y liofilizado?

¿Cuál es el contenido de energía en kcal/100g en el tocosh natural, cocido y liofilizado?

¿Cuál es el contenido de polifenoles en el tocosh natural, cocido y liofilizado?

¿Cuál es la actividad antioxidante en el tocosh natural, cocido y liofilizado?

¿Cuál es el perfil microbiológico en el tocosh natural, cocido y liofilizado?

#### 1.2. Justificación de la Investigación

Este proyecto de investigación se centró en caracterizar el contenido nutricional, flavonoides, actividad antioxidante y recuento microbiológico del tocosh natural, cocido y liofilizado, ya que este recurso es un producto natural con una buena producción de compuestos bioactivos y de lactobacillus que promueven el incremento del contenido de folatos y un buen aporte de nutrientes, que pueden ser aprovechados por los seres humanos, al favorecer la efectividad de la microflora intestinal y promover la inmunidad<sup>17,19</sup>.

Así este trabajo, nos permitió reconocer los beneficios del tocosh liofilizado en comparación al consumo tradicional mediante la elaboración de mazamorra de tocosh donde la pérdida de nutrientes y la carga microbiana benéfica es afectada drásticamente por el tratamiento de cocción, así como sus propiedades por el contenido de antioxidantes que permitirá promocionar su consumo para una alimentación saludable<sup>4</sup>.

### 1.3. Delimitación de la Investigación

Este trabajo de investigación se realizó entre septiembre-2021 y febrero-2023. La liofilización, el cocido y los análisis de las muestras fueron realizados en el Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición.

Las limitaciones de este trabajo, entre otros fueron, la adquisición de las muestras para el periodo de investigación fuera de temporada, el efecto de la pandemia para el traslado y la adquisición de las muestras, el registro fotográfico de la zona productora, el material experimental (tocosh) fue enviado directamente por el proveedor a la ciudad de Lima.

### 1.4. Objetivos de la Investigación

#### 1.4.1. Objetivo General

Caracterizar el Tocosh en sus aspectos físico - químicos, químico proximal, energía, contenido de polifenoles, actividad antioxidante y perfil microbiológico en tres variedades de papa en los tratamientos natural, cocido y liofilizado.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las propiedades físico - químicas del tocosh natural, cocido y liofilizado.
2. Evaluar el contenido químico proximal en el tocosh natural, cocido y liofilizado.
3. Evaluar el contenido de energía en kcal/100g en el tocosh natural, cocido y liofilizado.
4. Determinar el contenido de polifenoles en el tocosh natural, cocido y liofilizado.

5. Evaluar la actividad antioxidante en el tocosh natural, cocido y liofilizado.
6. Determinar el perfil microbiológico en el tocosh natural, cocido y liofilizado.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

La literatura científica contiene poca información sobre el tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L.), una búsqueda en las bases de datos como PUBMED, CROSSREF y SCIENCEDIRECT, reportaron alrededor de 20 publicaciones. Mientras que a nivel nacional a través del Acceso Libre a Información Científica para la Innovación (ALICIA) se encontraron 32 documentos, que corresponden desde año 2010 al 2020. De todos estos documentos encontrados se seleccionaron seis antecedentes con mayor afinidad al presente proyecto de tesis.

Yábar et al.<sup>22</sup> evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del tocosh de papa (*Solanum tuberosum*). El presente trabajo fue desarrollado en Huancayo (Perú), en este estudio se tuvo en cuenta el proceso de fermentación del tocosh, así como las condiciones higiénicas de manejo y su comercialización, sus hallazgos están focalizados en los cambios fisicoquímicos, especialmente en el contenido de humedad, el pH, y la acidez que aumento notoriamente en términos de ácido láctico. Los investigadores mencionaron que el incremento de acidez promocionó las condiciones del crecimiento microbiano *sui generis* del tocosh. Hubo un incremento de las bacterias como *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus acidophilus*. Los autores concluyeron que el tocosh es resultado de la fermentación mientras se van dando, favorablemente, cambios fisicoquímicos y un incremento de microorganismos ácidos lácticos.

Sandoval et al.<sup>23</sup> evaluaron la actividad antioxidante y el efecto citoprotector del tocosh en la mucosa gástrica de animales de experimentación. Este estudio fue realizado en la capital peruana, donde se evaluó el efecto citoprotector y el

efecto antioxidante del tocosh en polvo, la respuesta de estos efectos fue conducidos en la mucosa gástrica en un modelo animal. El tratamiento con tocosh fue comparado con el tratamiento placebo. La marcha fitoquímica identifico compuestos fenólicos, alcaloides, triterpenos, azúcares reductores, y aminoácidos. La máxima dosis mostro un menor valor de tejido lipoperoxidado, esta dosis protegió la mucosa gástrica en un 95 %, el tratamiento con tocosh mostro un mejor efecto citoprotector y una mejor actividad antioxidante en comparación con el placebo. Se concluye que el tocosh es una excelente fuente de producto natural de propiedad antioxidante y citoprotectora gástrica.

Mosso et al.<sup>17</sup>, evaluaron el incremento de los niveles de folatos de tubérculos andinos utilizando bacterias ácido lácticas probióticas. Este estudio fue conducido en Jujuy (Argentina), la finalidad fue seleccionar cepas probióticas de tocosh para aplicaciones en alimentos libre de folatos. Los tubérculos andinos seleccionados fueron papa (*Solanum tuberosum* spp Andígena), oca (*Oxalis tuberosa*) olluco (*Ullucus tuberosus*). Se desarrollaron pures de estos recursos y se inoculo cepas probióticas y luego se sometió a fermentación por 24 horas y 28 días de almacenamiento. Después del tratamiento con *Lactobacillus sakei* se encontraron contenido de folatos después de 24 horas de fermentación. Los resultados de este estudio promovieron la habilidad de estimular condiciones gastrointestinales. Los autores concluyeron que la bacteria ácido láctica seleccionada puede ser considerada como una sepa probiótico potencial y puede ser utilizada para producir elevada concentración de folatos. Además, estos productos pueden ser utilizados como nuevas matrices alimentarias para enviar un microorganismo probiótico.

Velasco-Chong et al.<sup>6</sup>, en este estudio los autores investigaron la toxicidad aguda y subaguda de la harina de tocosh. Este estudio fue conducido en Lima (Perú). El objetivo fue evaluar de la toxicidad aguda y subaguda. Las observaciones en este estudio fueron comportamientos generales, mortalidad, variaciones de peso corporal y análisis histológico. Al finalizar el tratamiento se analizaron los pesos relativos de los órganos, histopatología, parámetros hematológicos y bioquímicos. Como consecuencia de este estudio se obtuvo que la dosis letal al 50 % fue superior a 2000 mg/kg. No se encontraron síntomas de muerte y toxicológicos durante el tratamiento. Para la toxicidad aguda no se encontraron efectos adversos en ratas. En base a estos resultados los autores consideran que la harina de tocosh es un medicamento tradicional peruano con alta seguridad de hasta 1000 mg/kg de peso corporal durante 28 días en ratas.

Enciso et al.<sup>24</sup>, realizó este estudio en el cual se evaluó la efectividad de cuatro extractos hidroalcohólicos de extracto de tocosh sobre microorganismos patógenos como *Streptococcus mutans* ATCC 25175<sup>TM</sup>. El presente estudio fue conducido en Lima (Perú). El potencial bioactivo de la harina de tocosh a diferentes concentraciones inhibió el crecimiento *Streptococcus mutans* en comparación del tratamiento control. Las conclusiones de este estudio mostraron que concentraciones al 50 % no muestran diferencia significativa con el tratamiento control. Sin embargo, concentraciones de 100 y 75 % de extractos de tocosh mostraron alta efectividad sobre los microorganismos *Streptococcus mutans*.

Escudero y Álvarez<sup>25</sup>, evaluaron el efecto gastroprotector de un extracto acuoso de tocosh sobre ulcera gástrica en ratas albinas. El presente estudio se desarrolló en Lima (Perú). Este estudio fue de tipo experimental de corte

transversal, en una población de ratas albinas inducidas con etanol al 96 %. La comparación fue con extracto de tocosh a diferentes concentraciones. Los resultados de este estudio mostraron efectos favorables a favor del extracto de tocosh.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. La papa

#### 2.2.1.1. Generalidades de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

La papa es uno de los tubérculos más valorados y ampliamente consumido en todo el planeta. En el año 1976, al Sur de Lima, Chilca, se hallaron las primeras huellas de papa con una antigüedad de 8 mil años<sup>26</sup>.

Las especies de papa silvestre se originaron en los Andes sudamericanos en el Altiplano de Perú y Bolivia, los reportes arqueológicos más antiguos se encontraron en la costa, específicamente en Ancón y Casma entre los años 2500 y 2000<sup>27</sup>, respectivamente, antes de la era común, además, reporta que es un recurso vegetal importante como fuente de energía en la dieta del Imperio Inca; Bitter, menciona que fue domesticada a partir de la especie *Solanum brevicaule*<sup>28,29</sup>.

En la actualidad se han identificado más de 5000 variedades alrededor del mundo, de esta cantidad aproximadamente, 4500 se ubican en América del Sur<sup>30</sup>, y en el Perú, se producen más de 3 mil<sup>27</sup>.

A nivel mundial, la papa representa el 2 % del suministro de energía alimentaria, por lo que se constituye en uno de los alimentos predominantes en muchos países<sup>31</sup>. Por otro lado, el consumo de éstas cocidas, ha disminuido notablemente, mientras que de manera opuesta se ha incrementado el consumo de procesadas o semi procesadas (fritas y tipo snacks)<sup>32</sup>.

Para América Latina la papa contribuye a la economía nacional, en el Perú, Chile y Ecuador, este tubérculo constituye una fuente económica y social a lo largo de su historia. Para otros países como Colombia, Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Venezuela forma parte de su cultura y también, de su alimentación básica. Al ser la papa un cultivo económicamente importante a nivel mundial, todos los productores tienen interés en la mejora y rendimiento para aumentar la producción y su productividad<sup>33</sup>.

#### 2.2.1.2. Taxonomía de la papa

La papa, *Solanum tuberosum* L., pertenece a la familia botánica Solanaceae, que comprende especies de plantas herbáceas. Esta familia cuenta con 100 géneros y 3000 especies. De acuerdo con la clasificación más reciente, sólo hay cuatro especies cultivadas, *Solanum tuberosum*, *Solanum ajanhuiri*, *Solanum juzepczukii* y *Solanum curtilobum*. Este tubérculo presenta un conjunto básico de 12 cromosomas ( $x = 12$ ) y es la tetraploide ( $2n = 4x = 48$ ), la especie, más comúnmente cultivada<sup>34</sup>.

La clasificación taxonómica de esta especie según el banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa es como sigue<sup>35</sup>:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i>

### 2.2.1.3. Aspectos agronómicos de la papa

La sostenibilidad de los sistemas de producción del cultivo de la papa depende de muchos factores, desde el costo/beneficio de las operaciones involucradas hasta los insumos y productos obtenidos, además, de la salud del suelo y el agroecosistema del lugar donde se cultiva la papa. Uno de los factores más relevantes para los productores es la productividad medida por el rendimiento<sup>36</sup>.

Figura 1

*Planta de la papa (Solanum tuberosum).*



*Nota. De Effects of African Medicinal Plants on Physical, Hematological, and Histopathological Parameters in Toxicological Studies [Fotografía], por V. Kuete, 2014, Toxicological Survey of African Medicinal Plants, capítulo 22, pp. 635-657*

(<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800018-2.00022-4>). Derechos de autor 2014 por Elsevier Inc.

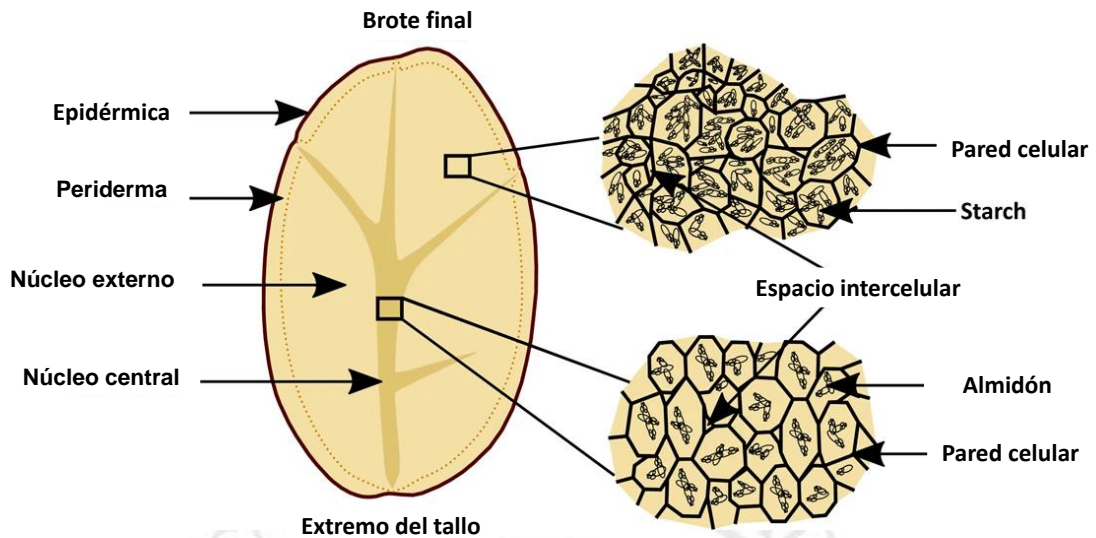
De acuerdo con las características agronómicas, la papa viene de una planta herbácea, perenne y tuberosa, llegando a medir hasta 100 centímetros de longitud. Las plantas presentan largas hojas pinnadas y éstas poseen flores de color blanco, rosado, azules o moradas con estambres amarillos en racimos (Figura 1)<sup>37</sup>. El fruto de papa (llamado baya) se parece a los tomates *Cherry* verdes y tienen muchas semillas, éste no puede ser consumido por humanos porque contiene cantidades sustanciales de alcaloide tóxico llamado solanina. Cuando la planta crece, aparecen tallos subterráneos agrandados, lo que en adelante sería el alimento, estos tallos serán denominados, tubérculos<sup>36</sup>.

El tubérculo vendría siendo lo principalmente importante de esta planta para su comercialización, aquí se guardan sustancias bioactivas que participarán en su reproducción futura y supervivencia a los distintos climas. La piel del tubérculo tiene dos capas, la epidérmica (capa externa de células individuales) y la periderma (capa interna)<sup>38</sup>, llena de células corchosas, ver Figura 2. Bajo la periderma hallaremos la corteza seguida del anillo vascular, dentro de éste encontraremos la médula que representa el área de acopio esencial para este tubérculo. La papa posee de 2 a 10 “ojos” o brotes en la parte externa, que serán los encargados de crear nuevos brotes y plantas en buenas condiciones<sup>36</sup>.

Para la propagación de estas plantas, los tubérculos se cortan en pedazos con al menos uno o dos ojos. Cada sección brota y se desarrolla en una nueva planta<sup>36</sup>.

Figura 2

*Diagrama de la parte comestible de la papa (Solanum tuberosum L).*



*Nota.* De *A large-scale optical microscopy image dataset of potato tuber for deep learning-based plant cell assessment* [Dibujo], por S. Biswas y S. Barma, 2020, *Scientific Data*, 7, p. 4 (<https://doi.org/10.1038/s41597-020-00706-9>). Derechos de autor 2020 by Nature.

#### 2.2.1.4. Producción

Los 10 productores más grandes de papa en el mundo son China, India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos, Alemania, Bangladesh, Polonia, Francia y Holanda<sup>39</sup>. Entre China e India producen un tercio de la producción mundial. De acuerdo con los reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el 2020 se ha producido más de 359 millones de toneladas métricas alrededor del mundo<sup>39</sup>. En la Tabla 1 se muestra los principales productores del continente americano en toneladas métricas y en la Tabla 2 la producción en porcentaje de acuerdo con las principales Regiones productoras de papa en el Perú<sup>40</sup>.

Tabla 1

*Principales productores del continente americano*

Países	Toneladas métricas
Estados Unidos	20,607,342
Canadá	5,790,838
Perú	5,121,110
Brasil	3,688,029
Colombia	3,107,580
Argentina	2,340,103
México	1,802,592
Chile	1,183,357
Bolivia	1,160,940

*Nota.* De *List of Countries by Potato Production*, por Atlas Big (<https://www.atlasbig.com/en-au/countries-by-potato-production>).

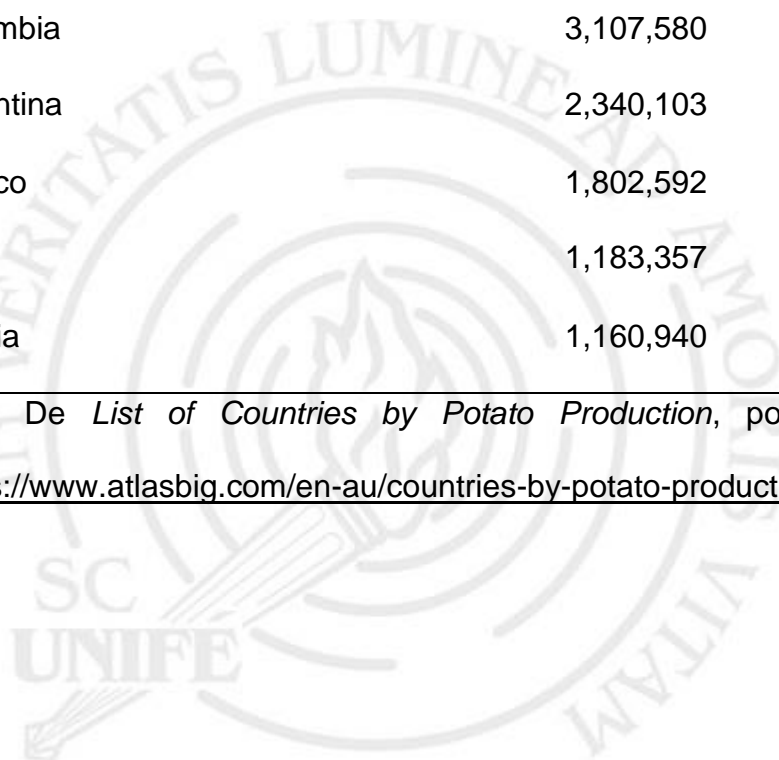


Tabla 2

*Principales regiones productoras de papa del Perú*

Región	%
Puno	15,6
Huánuco	13,3
La Libertad	10,1
Cusco	8,2
Apurímac	7,7
Junín	7,3
Ayacucho	6,8
Cajamarca	6,4
Arequipa	6,3
Huancavelica	6,1
Pasco	3,2
Lima	2,6
Ica	2,5
Ancash	1,9

*Nota.* De *Ministerio de Agricultura y Riego*, por Sierra Exportadora (<https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368947-analisis-de-mercado-papa-2020>).

#### 2.2.1.5. Composición química y nutricional

La papa es un tubérculo rico en hidratos de carbono y está conformada por cadenas de almidones, compuesto por dos polímeros de glucosa, unidos a enlaces de amilopectina de un 70 % - 80 % y amilosa entre un 20 % - 30 %, estos porcentajes varían dependiendo de la variedad de papa; así mismo, tiene muy bajo contenido lipídico<sup>16,41</sup>. Contiene micronutrientes como hierro, fósforo, zinc, calcio, vitamina C, vitamina B1, vitamina B2 y vitamina B3, como se puede observar en la Tabla 3 <sup>42</sup>.

Tabla 3

*Composición química de variedades de papa expresadas /100 g*

	Papa Blanca	Papa Walsh	Papa nativa peruanita	Papa Canchan
Energía (kcal)	87	54	78	66
Energía (kj)	363	224	327	275
Agua (g)	74,5	78,6	74,1	77,4
Proteínas (g)	2,1	2,0	2,0	2,4
Grasa Total (g)	0,1	0,4	0,3	0,1
Carbohidratos Totales (g)	22,3	17,6	22,4	19,1
Carbohidratos Disponibles (g)	19,9	11,0	17,3	14,4
Fibra dietaria (g)	2,4	6,6	5,1	4,7
Cenizas (g)	1,0	1,4	1,2	0,9
Vitamina C (mg)	14,00	25,08	17,74	--
Riboflavina (mg)	0,09	--	--	0,07
Tiamina (mg)	0,09	--	--	0,62
Niacina (mg)	3,40	--	--	0,41
Hierro (mg)	0,5	0,58	0,38	0,45
Zinc (mg)	0,29	--	--	0,24
Fósforo (mg)	47	--	--	40
Calcio (mg)	9	--	--	26
Potasio (mg)	--	--	--	477
Sodio (mg)	--	--	--	8

*Nota.* De *Tablas peruanas de la composición de los alimentos*, [Tabla] por

Centro de Información y Documentación Científica del INS-MINSA, 2018.

([https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-](https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

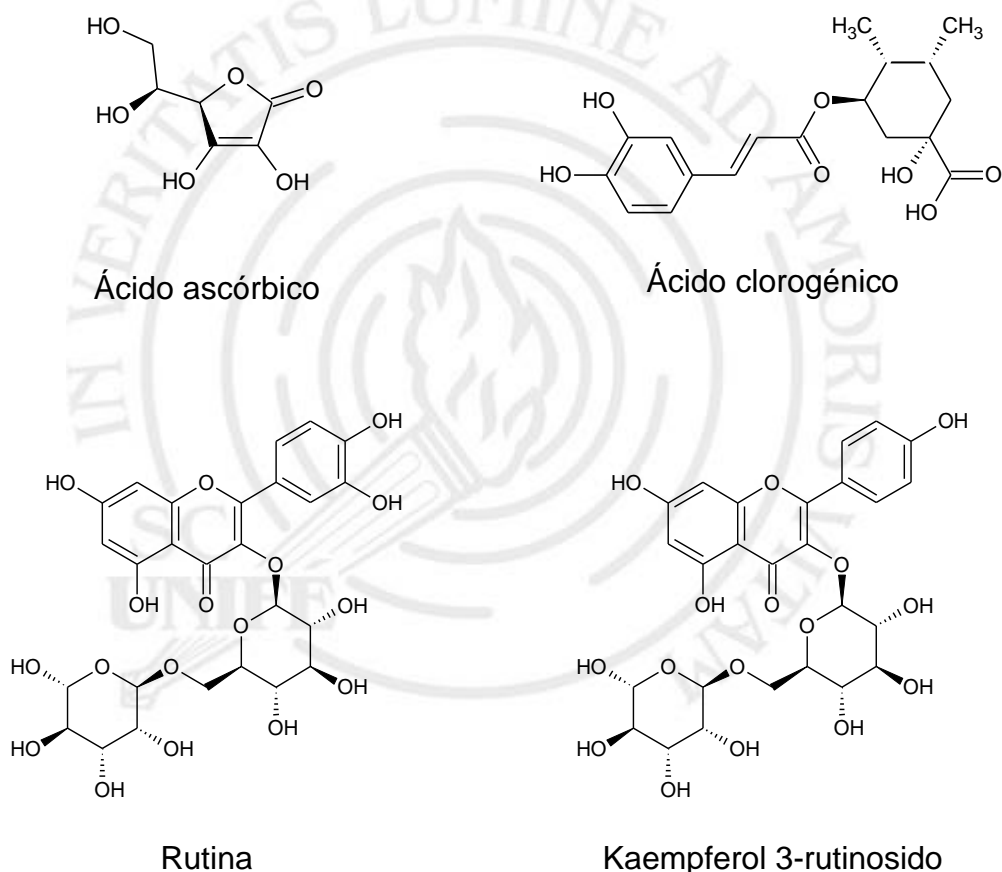
[peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y)). Derechos de autor por Ministerio

de Salud del Perú.

Además, otros constituyentes que forman parte de la composición química de la papa son los antioxidantes, ácidos fenólicos (ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido cumárico, ácido vanílico, ácido ferúlico, etc.), flavonoides (rutina, kaempferol, quercetina, catequina, etc.), antocianinas (cianidina, pelargonidina, peonidina, etc.), y carotenoides (zeaxantina, anteraxantina, violaxantina, luteína,  $\beta$ -caroteno, etc.)<sup>43</sup>, como se observan en la Figura 3.

Figura 3

*Estructura química de antioxidantes en la papa*



*Nota. De elaboración propia.* Las estructuras químicas fueron dibujadas utilizando la versión libre de ChemSketch ([https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch\\_modal](https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch_modal)).

### 2.2.2. Tocosh de papa

Mosso et al, reporta que el tocosh es fuente de penicilina, antibiótico natural desarrollado como producto de la fermentación de papa. Desde antaño, se ha reconocido este producto como “un regalo de Dios”. Dentro de las propiedades funcionales que se le atribuye a este alimento es el fortalecimiento del sistema inmunológico, tratamiento de úlceras estomacales, gastritis crónicas, afecciones renales, tratamiento de osteoporosis y afecciones respiratorias como el asma<sup>17</sup>.

En la Norma Técnica Peruana – NTP 011.803 se define que el tocosh de papa es un producto proveniente de un proceso de fermentación anaeróbica de tubérculos (nativa o moderna)<sup>44</sup>.

Generalmente se comercializa el tocosh como mazamorra<sup>45</sup>, hay investigaciones en las que proponen su uso como harina en sustitución parcial en la producción de muffins saborizados con vainilla o chocolate, asimismo, el desarrollo de nutracéuticos encapsulados o uso en el área cosmética para el tratamiento de acné e hidratación de la piel. Se han desarrollado estos productos como estrategias de marketing para la fomentar su producción, comercialización y consumo en mayor escala<sup>46,47,48</sup>.

#### 2.2.2.1. Preparación tradicional del tocosh

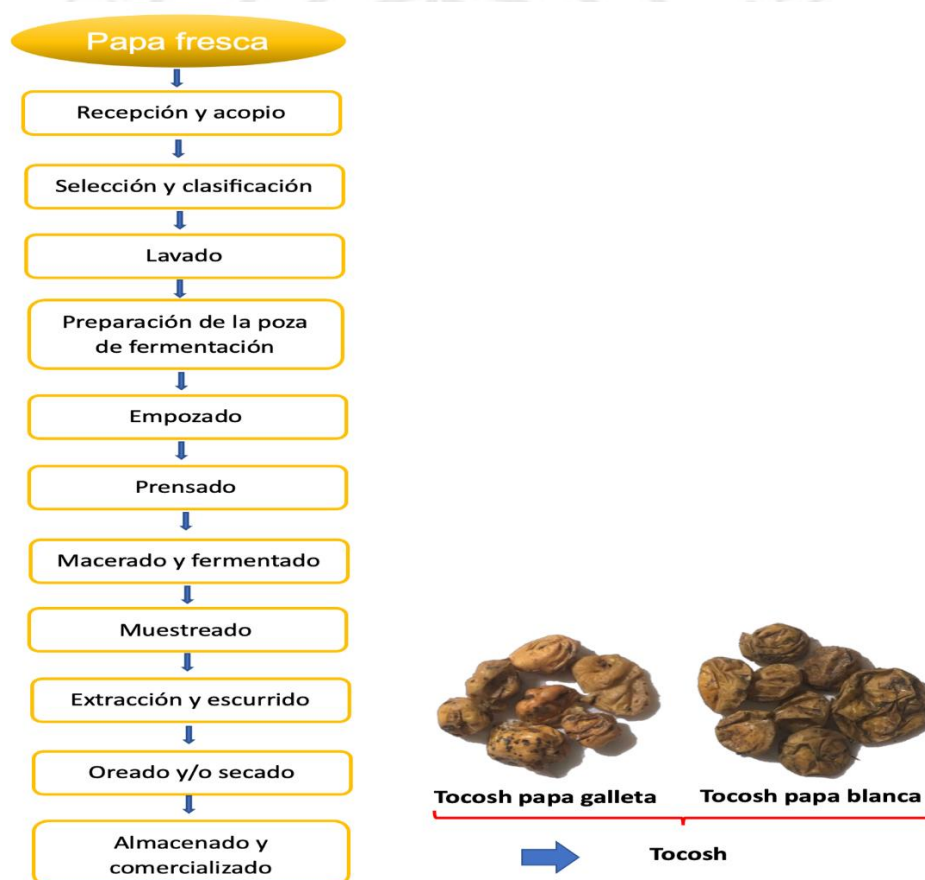
El método tradicional de preparación como se puede observar en la Figura 4, pasa por operaciones unitarias que consisten en seleccionar y limpiar bien las papas nativas, modernas o híbridas, según la experiencia de los productores, la variedad Walash es la más adecuada, por sus características físicas, posteriormente son introducidas en pozas con una profundidad de 2.0 m a 2.30 m y un diámetro de 1.0 m a 1.5 m aproximadamente, la base y las paredes de las pozas deben estar recubiertas con piedras planas en donde reposaran las

papas por un tiempo aproximado de 3 a 12 meses (según la variedad, localidad y fines del producto), una vez preparadas las pozas, éstas deben de ser llenadas con capas de papas y piedras a un 90 %, el otro 10 % debe ser llenado con agua limpia proveniente de un manantial o riachuelo<sup>44</sup>.

Cuando se produce el olor fétido, textura espumosa y gomosa en las pozas, son las señales que indican que el tocosh ya puede ser retirado y que el proceso de fermentación llegó al término adecuado; el tocosh pierde agua y tiene una reducción aproximada del 50 % de su peso inicial, el color final es blanco intenso y su textura es agradable y suave<sup>44</sup>.

Figura 4

*Flujo de procesamiento del tocosh*



*Nota.* De Norma Técnica del Tocosh 0011.809 [Flujograma], por Instituto Nacional de Calidad – INACAL, 2019.

#### 2.2.2.2. Proceso de fermentación

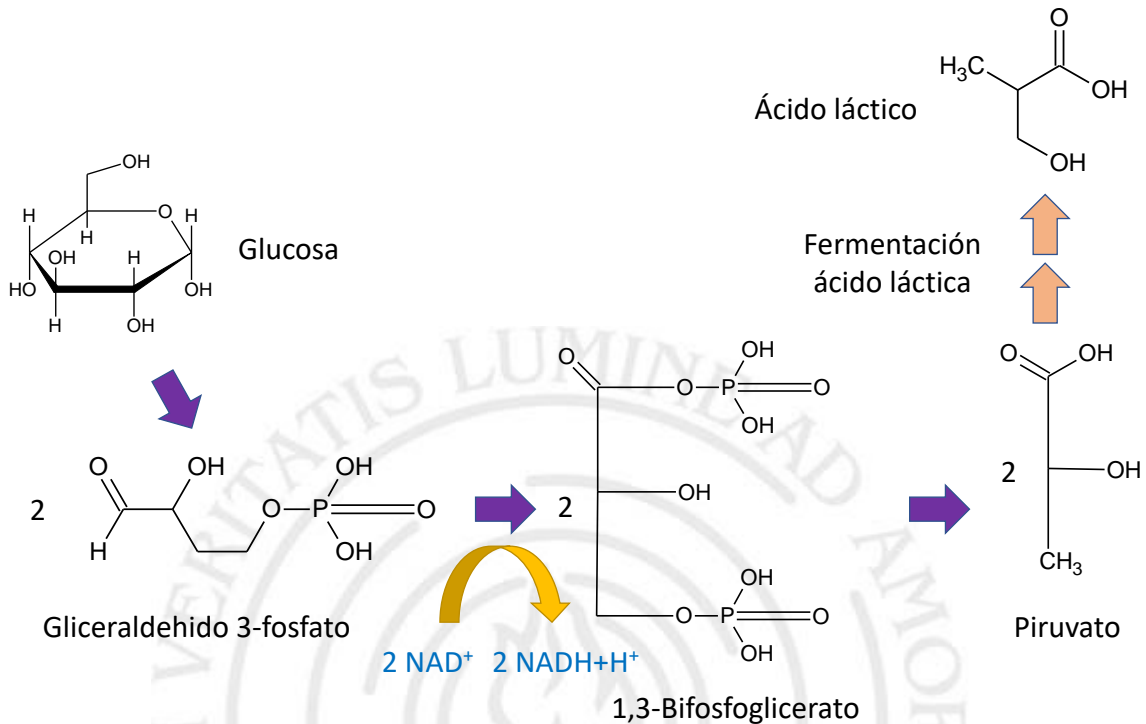
La fermentación está definida como un cambio bioquímico usando cultivos de microorganismos homofermentativos. Durante los procesos fermentativos, los microorganismos son capaces de generar compuestos a partir de azúcares para convertirlos en ácido láctico más productos secundarios como el dióxido de carbono y otros<sup>49,50</sup>.

Mercado, menciona que las bacterias ácido lácticas son resultado de la fermentación espontánea producido por las BAL. El medio ácido que se produce por las BAL es el responsable de inhabilitar la producción de las bacterias esporuladas y enterobacterias. La fermentación primaria incluye *Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis* y *Lactobacillus plantarum*. Los *Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroides* no son resistentes a medios salados o acidificados en comparación a los Lactobacilos que si llegan hasta la fase final de la fermentación vegetal<sup>50</sup>.

Los *Lactobacillus* homofermentativos producen ácido láctico como único producto de fermentación (Figura 5), mientras que los *Lactobacillus* heterofermentativos pueden formar ácido acético, etanol y CO<sub>2</sub>, además de ácido láctico. El ácido láctico da como resultado una disminución del pH y un sabor característico a ácido; también puede afectar las propiedades físicas de las macromoléculas de los alimentos, como el almidón, y por lo tanto influir en la textura de los alimentos. El aumento de la acidez también puede tener efectos beneficiosos sobre los aspectos nutricionales, por ejemplo, aumenta la solubilidad de los minerales, lo que facilita su asimilación en el tracto gastrointestinal humano<sup>51,52</sup>.

Figura 5.

*Ácido láctico mediante la fermentación homoláctica*



*Nota.* De Las estructuras químicas fueron dibujadas utilizando la versión libre de ChemSketch ([https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch\\_modal](https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch_modal)).

2.2.2.2.1. Propiedades saludables de los lactobacillus

Las fermentaciones impulsadas por bacterias ácido lácticas contienen microorganismos que generalmente son seguros para la salud, éstas producen subproductos con bioactividad y una amplia gama de efectos que la promueven, incluyendo efectos inmunomoduladores, antialérgicos, antiobesidad y actividad antioxidante, además mejoran la biodisponibilidad de vitaminas y minerales; también pueden llegar a producir algunos productos como etanol, péptidos antimicrobianos, ácidos orgánicos, ácidos grasos, entre otros<sup>53</sup>.

El tocosh contiene una diversidad de bacterias ácido lácticas. Un recuento mediante agar MRS en tocosh almacenado durante un mes presento  $2.1 \times 10^5$  y en ocho meses de almacenamiento presento  $5.4 \times 10^7$  unidades formadoras de colonia/g. Los lactobacillus aislados del tocosh fueron *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus farciminis* y *Leuconostoc mesenteroides*<sup>54</sup>.

A estos microorganismos encontrados en la papa fermentada se les asigna algunas propiedades beneficiosas para combatir la gastritis, úlceras, reflujo gastroesofágico y cáncer gástrico <sup>4,55</sup>. Algunos reportes de la literatura científica y sus efectos se visualizan en la Tabla 4.

Tabla 4

*Beneficios saludables de las bacterias ácido lácticas*

Bacterias ácido lácticas	Efecto saludable
<i>Lactobacillus helveticus</i>	Estimula la producción de péptido 1 similar al glucagón (GLP-1), efecto antidiabético
<i>Lactobacillus pentosus</i>	
<i>Lactobacillus salivarius subsp. salivarius</i>	Efecto anti-salmonella
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	
<i>Lactobacillus murinis</i>	
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Inhibición de <i>Escherichia coli</i>
<i>Lactobacillus animalis</i>	Actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina
<i>Lactobacillus jensenii</i>	Actividad antioxidante
<i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>	
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Mayor sociabilidad y una
<i>Lactobacillus fermentum</i>	disminución de la corticosterona basal.

*Nota. De Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing [Tabla] por Jiménez et al., 2018 (<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.033>).*

### 2.2.2.3. Composición química del tocosh

Con respecto a la composición química, algunos autores reportan un contenido de carbohidratos del 80.01 %, proteínas del 3.91 % y bajo en contenido de grasa<sup>16</sup>. Por otro lado, Escudero y Álvarez<sup>25</sup> y Ray y Montet<sup>56</sup> realizaron una comparación química de algunos productos fermentados, tal como se muestra en la Tabla 5 en la cual se pueden observar valores similares a lo reportado anteriormente.

Tabla 5

*Composición nutricional de algunos productos fermentados*

	Tocosh	Kimche	Miso	Tempe
Humedad	13,2	8,08	3,0	3,0
Lípidos	0,8	1,70	17,2	17,1
Proteínas	3,8	11,8	11,8	44,8
Cenizas	1,62	15,0	5,7	5,7
Carbohidratos	80,4		32,5	32,5
Fibra		36,7	2,5	0,4
Vitamina C		350,2	1,7	

*Nota. De Efecto gastroprotector del extracto acuoso del tocosh de solanum tuberosum en úlceras gástricas en ratas albinas [Tabla] Escudero Araujo y Álvarez Chiri, 2018 (<http://intra.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2955>); De Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods [Tabla] por Ray RC, Montet D, 2015 (<https://doi.org/10.1201/b17307>)*

- Los contenidos de los alimentos fermentados se expresan en /100 g.

Otro parámetro para evaluar en el tocosh es el contenido de ácido láctico que marca el término de la fermentación del producto; según Mercado, en el proceso de fermentación, el ácido láctico aumenta a medida que aumenta el tiempo de fermentación, como se visualiza en la Tabla 6, la cual muestra los resultados de su investigación<sup>50</sup>.

Tabla 6

*Variación del ácido láctico durante el proceso de fermentación*

Tratamiento	Concentración (mg ácido láctico /100 g)
Fermentación semana 1	109,728 ± 0,211
Fermentación semana 2	359,835 ± 0,004
Fermentación semana 3	1866,248 ± 0,119
Fermentación semana 4	2581,908 ± 0,498

*Nota. De Evaluación de la fermentación y del secado en la elaboración del tocosh fresco y harina de tocosh desodorizado [Tabla], por Luis Ángel Mercado Aquino, 2020. (<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7041>). Derechos de autor por Universidad Nacional del Centro del Perú.*

Los polifenoles son fitoquímicos encontrados en frutas, vegetales, te, café, chocolate, legumbres, cereales, y bebidas. Las principales subclases de polifenoles son los flavonoides, estilbenos, ácidos fenólicos, y lignanos. Los polifenoles dietarios son objeto de un creciente interés científico por sus aportes positivos en el organismo humano. Los polifenoles cumplen diversas propiedades biológicas, entre las que incluyen actividad antidiabética, propiedad anticancerígena, antiinflamatoria, cardioprotector, antihipertensiva, antienviejimiento, protección cerebrovascular, propiedad antifúngica, antibacterial, y propiedad antiviral<sup>57</sup>.

Según los resultados que hallaron Sandoval et al., se demostró que la papa fermentada tiene alta actividad antioxidante y muestra en su composición química compuestos fenólicos, alcaloides, esteroides y tri-terperoides, azúcares reductores y aminoácidos libres, siendo éste un excelente alimento antioxidante frente a los radicales libres<sup>23</sup>.

### 2.2.3. Liofilización

La liofilización fue utilizada inicialmente por los Incas en los andes peruanos, quienes aprovechaban las bajas temperaturas de la noche para dejar congelando la papa para que, al siguiente día, ser descongelada con la aparición del sol y secada por la baja presión atmosférica del alto suelo andino (4mil msnm) proceso en el cual se produce la sublimación del agua congelada, con este procedimiento pudieron obtener el chuño de papa y reservarlo hasta por 4 años<sup>58</sup>.

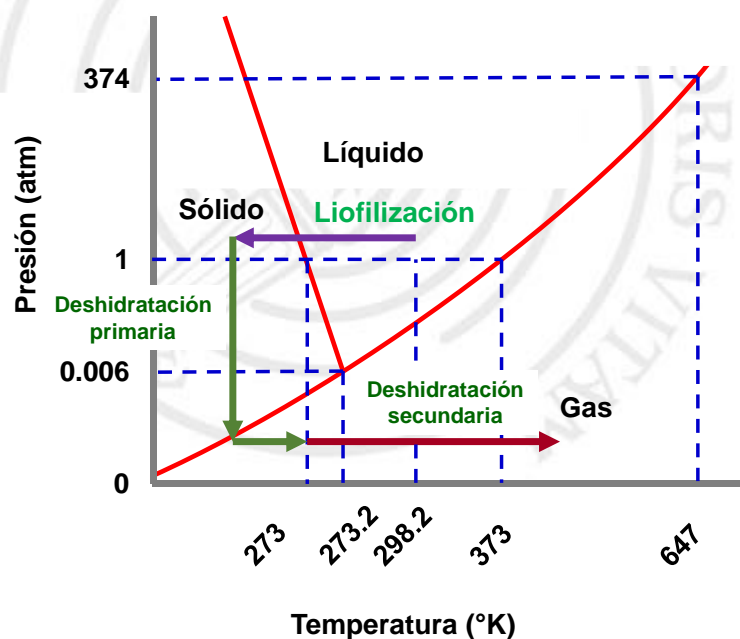
La liofilización o también llamada *freeze-drying*, es el proceso mediante el cual, el disolvente (agua) y/o el medio de suspensión se cristaliza a baja temperatura y se elimina el agua congelada por sublimación a presión reducida (Figura 6). La sublimación es la transición directa del agua, desde el estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por la fase líquida<sup>59</sup>.

En el proceso de liofilización, existen tres etapas muy marcadas, el proceso de congelación (la muestra contiene el 100 % de su agua natural), el secado por sublimación (el contenido de agua baja a menos de 10 %) y el secado por desorción (el agua se reduce del 5 al 1 %). La congelación es la etapa más crítica durante el proceso de liofilización, ésta debe desarrollarse rápidamente para evitar la formación de grandes cristales de hielo que deterioran la calidad del producto terminado<sup>59</sup>.

Por otro lado, durante la etapa de la deshidratación inicial, la presión se reduce rápidamente mediante la aplicación de alto vacío, además se aplica calor para proporcionar energía y promover que el hielo se sublime. En esta etapa se logra eliminar aproximadamente el 95 % del agua contenida en los alimentos. Este es un proceso muy lento y puede desarrollarse durante 48 horas, aproximadamente. La cantidad de calor utilizada durante esta fase podría jugar un rol contrario ya que puede generar pérdida de las características de calidad en el producto final<sup>59</sup>.

Figura 6

*Proceso de liofilización en un diagrama de presión-temperatura*



*Nota.* De El diagrama fue adaptado de Leon S. Klepzig 2020. (<https://www.mdpi.com/2227-9717/8/10/1325/htm>).

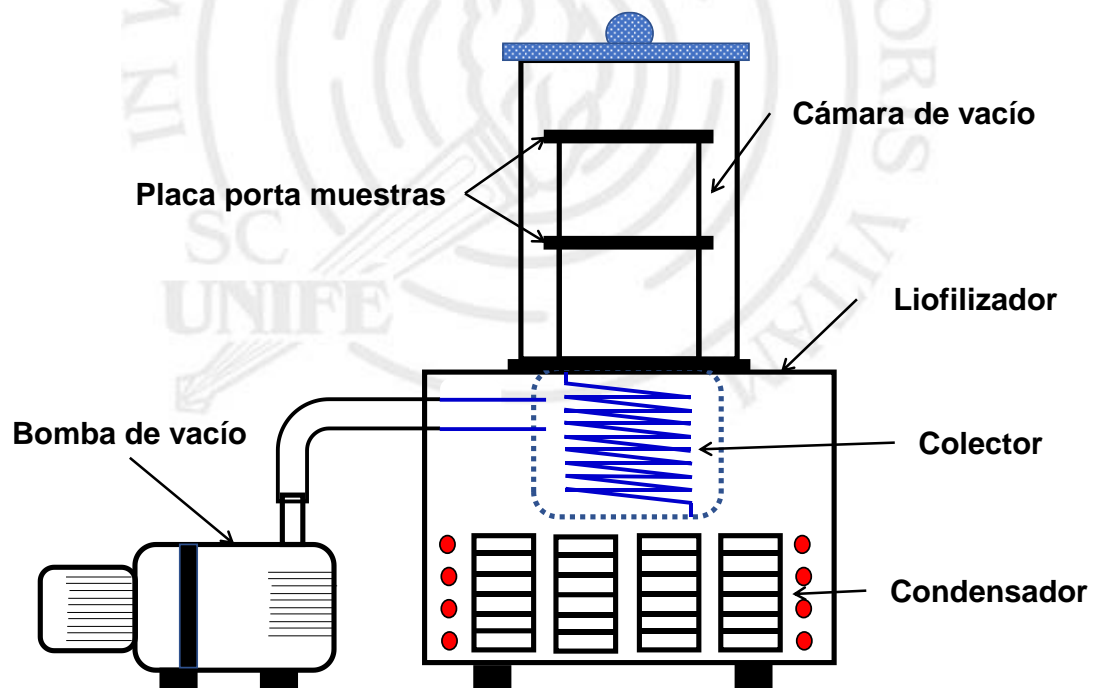
Los otros componentes en el proceso de deshidratación primaria son la condensación del agua en forma de vapor sublimado que requiere el 25 % y la

sublimación, para eliminar el agua, el 45 % de la energía total. Por otro lado, en la fase de deshidratación secundaria se elimina el agua no congelada que queda como remanente de la deshidratación primaria, en esta etapa la temperatura se eleva mucho más para volatilizar las moléculas de agua. Además, la presión se reduce durante esta fase<sup>59</sup>.

Para la conducción del proceso de liofilización se utilizan liofilizadores a escala de laboratorio (Figura 7). En estos casos los procedimientos son en forma manual y automatizados, los parámetros registrados son la temperatura y la presión de vacío, que se registran automáticamente<sup>60</sup>.

Figura 7

*Representación de un liofilizador a nivel de laboratorio*



*Nota.* De El diagrama fue adaptado de Onur Taskin 2020. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00231-020-02867-0>).

Los productos liofilizados normalmente contienen humedades entre 1 y 4 %, éstos deben almacenarse empacados al vacío o sellados bajo nitrógeno y

pueden estar almacenados de 6 meses a 3 años en bolsas de plástico, ya sea en temperaturas normales o en cámaras de congelación para mayor conservación<sup>60</sup>. Los parámetros de control en los procesos de liofilización en algunos alimentos<sup>61</sup>, tales como frutas y vegetales se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

*Parámetros de liofilización de los alimentos liofilizados*

Alimentos	Parámetros de congelación	Presión en la cámara de vacío	Tiempo de deshidratación
Manzana	-40°C	100 Pa	72 h
Plátano	-35°C	300 Pa	24 h
Camote	-35°C	300 Pa	24 h
Pitahaya	-40°C	40 Pa	50 – 60 h
Ajos	-40°C	108 Pa	72 h
Papa	-40°C	100 Pa	72 h
Fresa	-40°C	---	12 – 48 h
Dátiles	-40°C	100 Pa	72 h
Ajíes	-25°C	63 Pa	15 h

*Nota.* De *The Freeze-Drying of foods—the characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials* [Tabla], por Dorota Nowak y Ewa Jakubczyk, 2020. (<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/10/1488>). Derechos de autor por Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

2.2.3.1. Ventajas y beneficios de la liofilización

- Los alimentos liofilizados poseen características de calidad superior en comparación con los alimentos que han sido deshidratados mediante métodos convencionales<sup>62</sup>.
- Conservan mejor el sabor, el color y la apariencia general de los alimentos<sup>62</sup>.

- Máxima conservación de los nutrientes sensibles a diferentes tratamientos térmicos como la vitamina C<sup>63</sup>.
- Se pueden conservar algunas cepas probióticas con propósitos alimentarios, así como, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei*, *Lactobacillus salivarius*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, etc<sup>64</sup>.
- En este proceso, el contenido de agua de los alimentos no presenta crecimiento microbiano ni reacciones químicas.
- Mantiene la viabilidad y propiedades funcionales de microorganismos beneficiosos.
- Los productos liofilizados no necesitan mantenerse refrigerados o tener algún método especial de almacenamiento siempre que el producto se mantenga seco<sup>65</sup>.
- Al reducir el agua de la muestra, ésta se vuelve más ligera y asimismo más fácil de transportar por la reducción de peso, por ello es un producto más económico para el traslado<sup>65</sup>.
- Estos productos se pueden rehidratar muy fácilmente, sólo se necesita utilizar agua en medidas adecuadas<sup>65</sup>.

#### 2.2.3.2. Desventajas de la liofilización

- Es un procedimiento caro por los equipos empleados, gasto de energía, elevados costes de operación, mantenimiento y mano de obra utilizada<sup>65</sup>.
- La energía requerida para la liofilización es el doble de la requerida para el secado con aire caliente<sup>65</sup>.

- Alto consumo de tiempo y energía (24 h a más, aproximadamente) por muestra<sup>65</sup>.
- El proceso de liofilización es sólo económicamente factible para productos alimenticios de alto valor<sup>65</sup>.

#### 2.2.4. Cocción

Una de las técnicas de conservación más antigua de los alimentos es el tratamiento térmico. Los métodos más comunes de cocinar son saltear, calentar en microondas, asar, hervir y cocinar al vapor. La cocción esta referida a cocinar los alimentos en un líquido hirviendo en una olla colocada sobre un quemador a fuego directo<sup>66</sup>.

Las legumbres y los vegetales son fuentes ricas en proteínas, grasas, carbohidratos, minerales, compuestos bioactivos, fibra y agua, además de ser excelentes fuentes de micronutrientes como la tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico, ácido ascórbico y vitamina E y K, que, al ser sometidos a tratamientos por cocción, pueden disminuir algunos de sus componentes sensibles al calor. Podemos observar en la Tabla 8, el tiempo de cocción de algunos vegetales a 100 °C<sup>67</sup>.

Tabla 8

*Condiciones de cocción de algunos vegetales a 100 °C*

Alimentos	Nombre científico	Tiempo de cocción (min)
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i>	5
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	5
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	20
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	20
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	12
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	5
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	12

*Nota. De Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables [Tabla], por Seongeung Lee, et. al. 2018. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-017-0281-1>). Derechos de autor por Springer Nature.*

De acuerdo con la literatura científica el método de cocción puede afectar varios nutrientes y componentes bioactivos por lo tanto disminuye algunas propiedades biológicas; sin embargo, otros reportes mencionan que el contenido de compuestos fenólicos se incrementa cuando se cocinan las papas o se calienta por microondas<sup>68</sup>. Recientemente Fang et al., han evaluado siete métodos de cocción con el fin de observar si los fitoquímicos y la actividad antioxidante disminuye o incrementa después del tratamiento de cocción y reportaron que los efectos fueron negativos para el contenido de vitamina C, ácidos fenólicos, polifenoles y la actividad antioxidante, asimismo la fritura y el tostado fueron más intensos por lo tanto tuvieron mayor pérdida de estos componentes<sup>69</sup>.

El efecto de la cocción sobre los nutrientes en algunos vegetales como el brócoli, disminuye en 5 % los glucosinolatos, la actividad antioxidante total se incrementa en 98 %; en papas moradas, incrementa la actividad antioxidante; en papas sometidas durante 60 minutos hubo una retención del 82 % de folatos; en cebollas cocidas, hubo una disminución de quercetina y otros flavonoides producto de su migración al agua de cocción; en guisantes, se observó una pérdida de folatos<sup>66</sup>.

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. El tocosh

El tocosh de papa es un producto alimenticio ancestral que se prepara sometiendo este tubérculo a un proceso de fermentación en un pozo de 1.5 m de profundidad, por un tiempo de hasta 1 año. Este será consumido posteriormente de diferentes formas y texturas<sup>4</sup>.

### 2.3.2. Polifenoles

Los polifenoles son una clase de metabolitos secundarios no volátiles, caracterizados por la posesión de uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático<sup>70</sup>.

### 2.3.3. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se ha relacionado con compuestos químicos que pueden llegar a proteger un sistema biológico del efecto dañino causado por procedimientos o reacciones involucradas con oxígeno y nitrógeno<sup>71</sup>.

### 2.3.4. Bacterias ácido-lácticas

Las bacterias del ácido láctico (BAL) son cocos o bacilos Gram positivos que constituyen un amplio grupo heterogéneo de microorganismos generalmente de calidad alimentaria utilizados históricamente en la conservación de alimentos<sup>53</sup>.

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La caracterización físico - química, químico proximal, energía, contenido de polifenoles, actividad antioxidante y perfil microbiológico en tres variedades de papa difiere en los tratamientos natural, cocido y liofilizado.

## CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación

El estudio es de nivel descriptivo-comparativo ya que permite caracterizar y evaluar las propiedades nutricionales y bacterianas en dos sistemas de conservación, el tratamiento por liofilización y tratamiento por cocción<sup>72</sup>.

El tipo de investigación es aplicada porque utiliza las bases teóricas de la tecnología de secado de un alimento a muy bajas temperaturas (liofilización) sin modificar sus contenidos nutricionales y bacteriano (condiciones a evaluar)<sup>72</sup>.

El diseño de investigación es experimental porque se manipula las variables independientes y se observa los cambios en las variables dependientes, es decir, en la composición nutricional<sup>72</sup>. Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), cuyos tratamientos son las tres presentaciones del tocosh (natural, cocido y liofilizado), con 3 repeticiones, seguido de una prueba de *post hoc* para la comparación de las presentaciones.

### 3.2. Población y Muestra

Las muestras de tocosh fueron obtenidas a partir de papa walash (*S. tuberosum subsp. andigenum*), papa blanca (*S. tuberosum subsp. tuberosum*), y papa galleta (*S. tuberosum subsp. andigenum*). El tocosh de papa Blanca y Galleta fueron obtenidas de del Centro Poblado de Huacan (Ulcumayo, Junín), y el tocosh de papa Walsh del Centro Poblado de Huayllacayan (Quisqui, Huánuco). Las muestras fueron adquiridas en el lugar de origen y enviadas a Lima en baldes de 20 kg con cierre hermético.

### 3.3. Operacionalización de las Variables del estudio

Las variables para este estudio y su operacionalización se muestran en la Tabla 9. Las independientes están referidas generalmente a las supuestas

causas que son manipuladas deliberadamente. Estas son las que buscan una asociación con las dependientes<sup>73</sup>. En nuestro estudio estas variables son el Tocosh natural, tocosh cocido y tocosh liofilizado. Por otro lado, las variables dependientes son aquellas que “dependen” de los tratamientos (variables independientes). En este estudio, estas variables incluyen: la composición química proximal del tocosh (proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y humedad); las características físico - químicas; el contenido de polifenoles, la actividad antioxidante, contenido de energía y el perfil microbiológico (mohos y levaduras, aerobios mesófilos viables y *lactobacillus*).



Tabla 9

*Variables y operacionalización para el presente estudio*

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Tipo de Variable	Unidades	Técnica
Dependiente:  Caracterización del tocosh	Md Noh et al <sup>120</sup> , menciona que caracterización de un alimento se define como la determinación de sus atributos.	Composición químico proximal	Humedad	Numérica	g de agua/100 g de muestra	Gravimetría
			Lípidos	Numérica	g/100 g de muestra	Gravimetría
			Carbohidratos	Numérica	g/100 g de muestra	Diferencia de peso
			Proteínas	Numérica	g/100 g de muestra	Gravimetría-volumetría
			Cenizas	Numérica	g/100 g de muestra	Gravimetría
		Características físico-químicas	Actividad de Agua (a <sub>w</sub> )	Numérica	Adimensional	Espectroscopia
			grados Brix	Numérica	Porcentaje	Refractometría
			pH	Numérica	Adimensional	Potenciometría
			Acidez titulable	Numérica	Porcentaje	Volumetría
		Contenido de polifenoles	Polifenoles	Numérica	mg/100 g de muestra	Espectrometría Uv/vis
		Actividad antioxidante	Reacción antioxidante con radical orgánico (DPPH)	Numérica	μmol trolox/g de muestra	Espectrometría Uv/vis
			Reacción antioxidante con radical catiónico orgánico (ABTS)	Numérica	μmol trolox/g de muestra	Espectrometría Uv/vis
		Contenido de energía	Valor de Energía	Numérica	Kcal/100 g muestra	Método Atwater
		Perfil microbiológico	Mohos y levaduras	Numérica	UFC/g	Método de recuento de colonias en placa UFC/g
			Aerobios mesófilos viables			
			<i>Lactobacillus</i>			
Independiente:  Tratamientos del tocosh	Hill et al. <sup>121</sup> , mencionan que el tratamiento se define como los procesos a los que es sometido el alimento para su conservación y/o transformación.	Natural	_____	Nominal	Gramos	_____
		Cocido	_____	Nominal	Gramos	_____
		Liofilizado	_____	Nominal	Gramos	_____

- UFC, unidad formadora de colonias

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

El registro de los datos experimentales se llevó a cabo utilizando una hoja de Excel. Los datos registrados fueron conducidos por triplicado ( $n = 3$ ). El registro de los tratamientos (tocosh natural, tocosh cocido y tocosh liofilizado) se hicieron en hojas independientes. La entrada de los datos fue similares al programa estadístico utilizado.

#### 3.4.1. Reactivos, materiales y equipos

##### Reactivos

Los reactivos utilizados para realización de los de análisis se observan en la Tabla 10.



Tabla 10

*Relación de los reactivos utilizados en este estudio*

Método	Reactivo	Proveedor	Referencia
Proteína	Ácido sulfúrico	Merck	258105
	Sulfato de potasio	Sigma-Aldrich	221325
	Sulfato de cobre pentahidratado	Sigma-Aldrich	C7631
	Hidróxido de sodio	Merck	S8045
	Ácido bórico	Sigma-Aldrich	B0394
	Rojo de metilo	Supelco	106078
	Etanol	Merck	107017
Grasa	Hexano	Supelco	104367
	Éter de petróleo	J.T. Baker	AC422995000
Polifenoles	Ácido gálico	Sigma-Aldrich	G7384
	Carbonato de sodio anhidro	Sigma-Aldrich	451614
	Folin Ciocalteau para fenoles	Sigma-Aldrich	F9252
Actividad antioxidante	DPPH radical libre	Sigma-Aldrich	D9132
	Etanol	Merck	107017
	Trolox	Calbiochem	648471
Microbiología	Peptona	Milipore	P7750
	Agar DG 18 (diclorán-glicerol-cloranfenicol)	Milipore	100465
	Agar Plate Count	Milipore	115338
	Agar MRS	Milipore	110660

**Materiales**

- Baldes de plástico con cierre hermético
- Cajas de plástico para conservación de muestra (BASA)
- Bolsas de plástico para empaque al vacío (Raybac)
- Bolsas de plástico con cierre hermético (Ziploc)

- Cuchillos de acero inoxidable (Tramontina)
- Tabla de picar de polietileno (Facusa)
- Envases de vidrio de cierre hermético de 500 mL (Duran)
- Crisoles de porcelana (Haldenwanger)
- Placas Petri (Pirex)
- Tubos de centrifuga de 15 mL (Falcon)
- Microtubos de centrifuga de 2 mL (Eppendorf)
- Puntas de micropipetas de 200 y 1000  $\mu$ L (Eppendorf)
- Micropipetas de 200 y 1000  $\mu$ L (Eppendorf)
- Cubeta semimicro de poliestireno (Brand)

#### Equipos

- Balanza analítica (Sartorius)
- Empacadora al vacío (Sammic)
- Molino de cuchillas (Retsch)
- Cámara de congelación (Infra)
- Estufa universal UF con circulación de aire forzado (Memmert)
- Plancha de calentamiento (Wiggens)
- Horno mufla (Thermo Scientific)
- Chiller para circulación de agua fría (Julabo)
- Equipo de extracción Soxhlet automatizado (Buchi)
- Equipo de digestión Kjeldahl automatizado (Buchi)
- Sistema de titulación automatizado para proteínas (Gerhardt)
- Abatidor para congelación (Friulinox)
- Equipo de liofilización FreeZone (Labconco)
- Sistema de agitación por vortex (Thermo Scientific)

- Centrifuga con sistema de refrigeración 5810R (Eppendorf)
- Equipo de espectrofotometría UV-vis (Jasco)
- Equipo de ultrasonido (Branson)

### 3.4.2. Métodos de análisis

#### 3.4.2.1 Tratamiento de la muestra

Cuando las muestras arribaron a la capital estas fueron trasladadas al Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición (ICAN) de la Universidad San Ignacio de Loyola (Campus Pachacamac) para su almacenamiento y análisis posteriores. Las muestras fueron almacenadas en una cámara de congelación a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (A54546, Infracra, Valencia, España). Antes del procesamiento las muestras fueron limpiadas para retirar partículas de barro y paja adheridas a la cascara de las muestras de tocosh. Seguidamente las muestras fueron empacadas al vacío (SU-316, Sammic, Illinois, Estados Unidos) cada 2.0 kg y almacenadas nuevamente bajo congelación.

La preparación de las muestras se llevó a cabo para los tres tratamientos (natural, cocido y liofilizado). Para el tocosh sin tratamiento, las muestras previamente descongeladas se colocaron en bolsas con cierre hermético (Ziploc<sup>®</sup>, Brand). Para el tocosh cocido se pesó aproximadamente 250 g de muestra de tocosh (previamente troceadas) y se añadió 750 mL de agua. La temperatura y tiempo de cocción de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 25 min, respectivamente. Para el tocosh liofilizado las muestras fueron previamente troceadas y colocadas en el abatidor a temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Friulinox Ali Group, Pordenone, Italia). Luego las muestras fueron liofilizadas bajo las siguientes condiciones, para el colector de 20 a  $-107\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la presión de vacío de 5 a 0.1 milibar, durante 48 horas.

### 3.4.2.2 Análisis de las propiedades físico - químicas

Las propiedades físico - químicas analizadas en las muestras de tocosh fueron la actividad de agua, °Brix, pH y la acidez titulable.

La actividad de agua se llevó a cabo utilizando un equipo AquaLab 4TEV DUO (Decagon Devices, Pullman, EE. UU)<sup>117</sup>.

- Pesar aproximadamente 1 g de muestra en una celda de plástico desechable.
- Colocar la celda de plástico en la porta muestra y cerrar.
- Registrar la lectura de la actividad de agua en la pantalla del equipo Aqualab 4TEV DUO.

La medida de los grados Brix se llevó a cabo utilizando un refractómetro analógico ABBE (NAR-1T LIQUID, Atago Co., Tokio, Japón)<sup>118</sup>.

- Se pesó 5 g de muestra y luego se adicionó 40 mL de agua destilada, para tener una relación 1:8 p/v.
- Posteriormente se agitó durante 30 min utilizando una plancha de agitación con barra magnética.
- La mezcla se colocó en tubos de centrifuga de 50 mL, posteriormente fue centrifugada a 4500 rpm durante 30 min.
- El sobrenadante fue utilizado para medir los grados Brix.

La medida del pH se llevó a cabo utilizando un medidor de sobremesa multiparámetros (WTW inoLab® Multi 9630 IDS).

- Se tomo 10 mL del sobrenadante anterior y se añadió a un beaker del 25 mL.
- Luego se colocó el electrodo en la solución.
- Finalmente se registró el valor de pH.

La medida de la acidez titulable se llevó a cabo utilizando el método de titulación colorimétrica propuesto por Sadler y Murphy<sup>119</sup>.

- Se tomo 10 mL del sobrenadante anterior y se añadió a un beaker del 25 mL.
- Posteriormente se adicionó tres gotas de fenolftaleína.
- Seguidamente se tituló con una solución de hidróxido de sodio con una normalidad de 0.1.
- El gasto de NaOH (mL) fue utilizado para calcular el porcentaje de acidez.

La siguiente ecuación será utilizada para calcular el porcentaje de acidez.

$$\% \text{ de acidez} = \frac{N * V_{NaOH} * \text{peso equivalente}}{V_{muestra} \times 10}$$

Donde:  $N$  es la normalidad del hidróxido de sodio (0.1N),  $V_{NaOH}$  es el gasto de hidróxido de sodio en mL, *peso equivalente* es el valor del ácido cítrico (64.04) y  $V_{muestra}$  es el volumen de muestra.

#### 3.4.2.3 Análisis de la composición químico proximal de la muestra de tocosh

La composición nutricional de las muestras de tocosh consistió en un análisis de proteínas totales, grasa cruda, cenizas totales, humedad y carbohidratos totales siguiendo el método la AOAC con pequeñas modificaciones.

##### 3.4.2.3.1 Determinación del contenido de proteínas totales

El análisis del contenido de proteína cruda se llevó a cabo de acuerdo con el método de la AOAC (método 920.152)<sup>74</sup>.

- Pesar 2 gramos de muestra de tocosh en los tubos para digestión de proteínas.

- Adicionar 30 mL de ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador (9 g de sulfato de potasio y 1 g de sulfato de cobre pentahidratado).
- Colocar los tubos en el SpeedDigeste K-425 para el desarrollo de la digestión durante 4 horas, luego adicionar 250 mL de agua destilada.
- La destilación se llevó a cabo en un equipo automatizado (Vapodest 450, Gerhardt) a partir de 10 mL de la muestra diluida y 10 mL de una disolución de hidróxido de sodio al 40 %.
- Posteriormente el amoniaco liberado durante la reacción fue colectado en un vaso que contenía una disolución de 2 % de ácido bórico (4 gramos de ácido bórico en 100 mL de agua destilada) esta disolución contenía un indicador de rojo de metilo (1 g de rojo de metilo en 200 mL de alcohol etílico al 95 %).
- Posteriormente, las muestras se titularon con una disolución de ácido sulfúrico al 0.1 N, (en sistema automatizado) la reacción se llevó hasta punto de equilibrio. La cantidad total de nitrógeno presentes en las muestras de tocosh fueron multiplicados por el factor universal para la conversión a proteínas totales de 6.25<sup>75</sup>.

#### 3.4.2.3.2 Determinación del contenido de lípidos

El análisis del contenido de grasa en la muestra de tocosh se llevó utilizando el método de la AOAC (método 983.23)<sup>76</sup>.

- Pesar 3 g de muestra y colocar en los dedales de filtración de celulosa.
- Colocar los dedales con la muestra dentro del sifón.

- Adicionar en los vasos de extracción 100 mL del disolvente orgánico (éter de petróleo).
- La extracción se llevó a cabo en un equipo automatizado que fue programado para 54 ciclos.
- Finalizados los ciclos los vasos conteniendo la fracción etérea se colocaron en desecador para su posterior pesada y cálculos respectivos.
- La siguiente ecuación fue utilizada para determinar el porcentaje de grasa cruda.

$$\% \text{ de grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

Donde:  $m_0$  es el peso de la muestra,  $m_1$  es el peso del matraz vacío y  $m_2$  es el peso del matraz con la grasa extraída.

#### 3.4.2.3.3 Determinación del contenido de cenizas totales

El contenido de cenizas fue determinado mediante de la AOAC (método 940.26)<sup>77</sup> con algunas modificaciones.

- Triturar y pesar las muestras aproximadamente 5 g en crisoles de porcelana.
- Luego llevar a calcinación en plancha de calentamiento hasta que el humo se halla eliminado.
- Seguidamente colocar las muestras en el horno mufla con la ayuda de una pinza metálica.
- La incineración se llevó a cabo a 550 °C durante 8 horas hasta que las cenizas presenten un color grisáceo.
- Posteriormente, las muestras fueron colocadas en el desecador hasta enfriamiento y pesado.

- La expresión de los resultados para las cenizas fue calculada utilizando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 10$$

Donde:  $m_2$  es el peso en gramos del crisol más las cenizas,  $m_1$  es el peso del crisol con la muestra de tocosh original y  $m_0$  es el peso del crisol vacío.

#### 3.4.2.3.4 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad en las muestras de tocosh se llevó a cabo utilizando el método de la AOAC (método 934.06)<sup>78</sup>.

- Pesar aproximadamente 5 g y colocarla en placa Petri
- Luego las placas que contuvieron las muestras fueron colocadas en estufa por aire forzado a temperatura de 105 °C durante 3 horas.
- Después de este tiempo las muestras se enfriaron y pesaron hasta peso constante.
- El porcentaje de humedad en las muestras fue calculado utilizando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{m_3 - m_2}{m_3 - m_1} \times 100$$

Donde:  $m_1$  es el peso de la placa Petri en gramos,  $m_2$  es el peso de la placa Petri con la muestra desecada de tocosh original y  $m_3$  es el peso de la placa Petri más la muestra original.

#### 3.4.2.3.5 Determinación del contenido de carbohidratos y energía total

El contenido de carbohidratos o la fracción libre de nitrógeno (NFE) fue calculado por diferencia, mientras que la energía total fue determinada utilizando los factores de conversión Atwater<sup>79</sup> mediante las siguientes ecuaciones.

$$\% \text{ de carbohidratos} = 100 - (\text{proteína} + \text{grasa} + \text{cenizas} + \text{humedad})$$

$$\text{Energía total} \left( \frac{\text{kcal}}{100 \text{ g}} \right) = (4 \times \text{proteína}) + (9 \times \text{grasa}) + (4 \times \text{carbohidratos})$$

#### 3.4.2.4 Determinación del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de la muestra de tocosh

El valor antioxidante de la muestra del tocosh está representado por su contenido de componentes bioactivos, así como por sus bioactividades. Algunos estudios han reportado el valor del tocosh especialmente por su valor en bacterias ácido lácticas<sup>17,4</sup>, sin embargo, no hay reportes sobre el valor antioxidante.

En esta investigación, este valor está caracterizado por la evaluación del contenido de polifenoles totales y la evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* mediante el secuestro del radical libre (2,2-difenil-1-picrilhidrazil, DPPH) por transferencia de átomos de hidrogeno (HAT-) o transferencia de electrones. La actividad antioxidante es medida por medio de una reacción entre el antioxidante (AOX) y la sonda del potencial redox coloreada<sup>80</sup>. La evaluación de la actividad antioxidante en las matrices alimentarias tiene una importancia fisiológica.

##### 3.4.2.4.1 Análisis de polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales fue determinado siguiendo el método de Folin-Ciocalteu<sup>81</sup> con algunas modificaciones.

- Pesar 1 g de muestra de tocosh en tubo de centrifuga de 15 mL.
- Adicionar 5 mL de etanol al 80 % y agitar con vortex durante 1 hora a máxima velocidad.

Seguidamente el extracto fue colocado en baño de ultrasonido a una temperatura de 30 °C con una frecuencia de 40 MHz durante 30 min.

- Posteriormente el extracto fue centrifugado a 3000 rpm durante 15 min.
- El extracto limpio y traslucido fue utilizado para medir el contenido de polifenoles totales.
- Tomar una alícuota de 100 µL del extracto y hacer reaccionar con 750 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (0.2 N) durante 5 min.
- Luego se añadió 750 µL de carbonato de sodio al 7.5 %.
- Posteriormente la mezcla total se dejó reaccionar durante 2 horas en oscuridad.
- Después de este tiempo se registraron los valores de absorbancia a 765 nm utilizando un espectrofotómetro Uv-Vis-Nir (V-770, Jasco, Tokyo, Japón).
- Los resultados del contenido de polifenoles totales en el extracto de tocosh fueron expresados como mg de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra (mg GAE/100 g). Para calcular el contenido de polifenoles se utilizó la siguiente ecuación.

$$Conc. \left( \frac{mg \text{ GAE}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{V \text{ (mL)}}{M \text{ (g)}} \times c \frac{mg}{mL} \times 100$$

Donde *Conc.* es el contenido fenólico total (mg GAE/100 g), *c* es la concentración de ácido gálico (mg/mL), *V* es un volumen del extracto de la muestra de tocosh (mL) y *M* es el peso del extracto de la muestra de tocosh (g).

#### 3.4.2.4.2 Análisis de la actividad antioxidante in vitro mediante DPPH

La capacidad de secuestro del radical libre fue evaluada mediante el ensayo del radical DPPH<sup>82</sup> con algunas modificaciones.

- Tomar una alícuota de 50 µL del extracto de tocosh y se hizo reaccionar con 950 µL del reactivo de DPPH (100 µmol/L en etanol al 80 %).
- Seguidamente se dejó reaccionar durante 30 min con agitación constante.
- Posteriormente los valores de absorbancia fueron registrados a 515 nm.
- El porcentaje de inhibición de DPPH fue calculado de la siguiente manera.

$$\% \text{ de inhibición DPPH} = \frac{Abs(A0) - Abs(A1)}{Abs(A0)} \times 100$$

Donde: *A0* representa la absorbancia del 80 % de etanol y *A1* representa la absorbancia del extracto de la muestra de tocosh en la reacción.

- Los resultados de la actividad antioxidante fueron expresados en función al estándar de Trolox equivalente (µmol Trolox equivalente /100 g de muestra).

#### 3.4.2.4.3 Análisis de la actividad antioxidante in vitro mediante ABTS

La capacidad de secuestro mediante el radical ABTS fue evaluada siguiendo el procedimiento descrito para plantas medicinales<sup>83</sup>. La preparación del radical libre consistió en la siguiente manera.

- La preparación del radical ABTS fue generado por la mezcla de 10 mL de 7.0 mM ABTS y 10 mL de 2.74 mM de persulfato de potasio.

- Seguidamente se mezcló ambas soluciones y se dejó reaccionar durante 16 horas.
- La solución diluida del radical ABTS alcanzó una absorbancia de 0.927 a temperatura ambiente.
- Para evaluar la actividad de secuestro del radical ABTS se tomó una alícuota de 50  $\mu$ L del extracto de tocosh y se hizo reaccionar con 950  $\mu$ L del reactivo de ABTS en etanol al 80 %).
- El porcentaje de inhibición del radical ABTS fue similar al DPPH.
- Los resultados de la actividad antioxidante fueron expresados en función al estándar de Trolox equivalente ( $\mu$ mol Trolox equivalente /100 g de muestra).

#### 3.4.2.5 Análisis del perfil microbiológico de la muestra de tocosh

El análisis microbiológico se llevó a cabo siguiendo los métodos estándar que incluyen, recuento de mohos y levaduras, recuento de microorganismo mesófilos aerobios viables y recuento de Lactobacillus.

##### 3.4.2.5.1 Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito en el Compendium of methods for the microbiological examination of foods propuesto por Salfinger y Tortorello<sup>84</sup>.

- Pesar aproximadamente 10 g de la muestra de tocosh.
- Posteriormente se añadió 90 mL de agua peptonada al 0.1 %.
- Seguidamente la mezcla fue homogenizada y centrifugada.
- Se tomó una alícuota de 0.1 mL de la muestra centrifugada y luego fue colocada en placas Petri conteniendo el agar DG18 para la técnica de recuento en placa, la incubación se llevó a cabo a 25 °C durante 5 días.

- Posteriormente las placas fueron observadas en el microscopio para la evaluación del crecimiento de la carga microbiana. Para el caso de las levaduras se tomó en cuenta la superficie compacta y lisa, mientras que para el crecimiento de mohos se confirmaron mediante filamentos.

#### 3.4.2.5.2 Recuento de mesófilos aerobios viables

El recuento en placa de mesófilos aerobios viables fue conducido mediante el método propuesto por Salfinger y Tortorello<sup>84</sup>.

- Se pesó 10 g de la muestra y se colocaron en bolsas estériles para homogenizadores de tipo Stomacher y se adicionaron 90 mL de agua peptonada al 0.1 %.
- Posteriormente se homogenizó durante 30 s.
- Seguidamente, una alícuota de 0.1 mL fue transferido a la placa del medio de cultivo y diseminada con el asa de drigaskly.
- Luego se llevó a incubación a 30 °C durante 72 horas.
- El recuento se realizó utilizando un contador de colonias.

#### 3.4.2.5.3 Recuento de lactobacillus

El recuento de bacterias ácido lácticas fue determinado mediante el método propuesto por Salfinger y Tortorello<sup>84</sup>.

- Las muestras de tocosh (10 g) fueron diluidas utilizando 90 mL de solución salina estéril al 0.9 %.
- Posteriormente las muestras fueron homogenizadas en bolsas estériles para homogenizadores de tipo Stomacher.
- Después de la homogenización se prepararon soluciones seriadas utilizando agua peptonada.

- Una alícuota de las diluciones fueron sembradas en agar Man, Rogosa y Sharpe (MRS) que contiene glucosa, maltosa y posteriormente incubado en anaerobiosis a 30 °C durante 7 días.

### 3.5. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento y Análisis de Datos

Para el tocosh de papa Walash, Blanca y Galleta con respecto a las variables (base humedad) de composición químico proximal (proteínas, lípidos, cenizas, humedad, y carbohidratos), contenido polifenoles, actividad antioxidante y el análisis del perfil microbiológico (mohos y levaduras, aerobios mesófilos viables y lactobacillus) se presentaron en forma de media  $\pm$  desviación estándar.

Para la comparación de medias entre tratamientos (natural, cocido y liofilizado) se incluyeron las variables (base seca), contenido de cenizas, carbohidratos, lípidos y proteínas.

Los datos experimentales fueron analizados estadísticamente y comprendieron los siguientes pasos: Evaluación de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, en esta evaluación se espera que la prueba de normalidad del conjunto de datos  $\{X_1, \dots, X_n\}$  se ajuste a una distribución normal.

Normalmente, la hipótesis nula  $H_0$  es definida como las observaciones se distribuyen normalmente, mientras que la hipótesis alternante  $H_a$  es que la distribución no es normal. Bajo esta premisa se espera que nuestros datos tengan una distribución normal ( $p > 0.05$ ).

El siguiente paso consistió en evaluar la igualdad de las varianzas, para la evaluación de la homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba de Levene, se espera que el resultado sea no significativo ( $p > 0.05$ ). El análisis de varianza (ANOVA) para la comparación de medias entre los tratamientos (natural, cocido

y liofilizado) y la comparación de pares de tratamientos se usó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para la evaluación estadística se utilizó el software R-Studio (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) versión 4.2.3, usando la función modelo lineal '*lm()*', librerías: *reshape* y '*agricolae*'.



### 3.6. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><u>Problema general</u></p> <p>¿Qué características presenta el tocosh de tres variedades de papa al estado natural, cocido y liofilizado?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Caracterizar el Tocosh en sus aspectos físico-químicos, químico proximal, energía, contenido de polifenoles, actividad antioxidante y perfil microbiológico en tres variedades de papa en los tratamientos natural, cocido y liofilizado.</p>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>La caracterización físico-química, químico proximal, energía, contenido de polifenoles, actividad antioxidante y contenido microbiológico en tres variedades de papa difiere en los tratamientos natural, cocido y liofilizado.</p>	<p><u>Variables independientes</u></p> <p>Tratamiento de tocosh Fresco</p> <p>Tratamiento de tocosh Cocido</p> <p>Tratamiento de tocosh Liofilizado</p> <p><u>Variables dependientes</u></p> <p>Composición químico proximal (humedad, lípidos, proteínas, carbohidratos, cenizas)</p> <p>Contenido Físicoquímico (Actividad de Agua (<math>a_w</math>), grados Brix, pH, Acidez titulable).</p> <p>Contenido de polifenoles (Polifenoles)</p> <p>Actividad antioxidante (Reacción antioxidante con radical orgánico DPPH y ABTS)</p> <p>Contenido de energía (Valor de Energía)</p> <p>Perfil microbiológico (recuento de mohos y levaduras, recuento de aerobios mesófilos y recuento <i>Lactobacillus</i>)</p>	<p><u>Diseño</u></p> <p>Investigación experimental</p> <p><u>Tipo</u></p> <p>Investigación aplicada</p> <p><u>Nivel</u></p> <p>Descriptivo-comparativo</p> <p><u>Población</u></p> <p>Productores de tocosh de la región Huánuco y Junín</p> <p><u>Muestra</u></p> <p>Obtenida de la zona productora de tocosh (Ulcumayo, Junín y Quisqui, Huánuco) en estado fresco</p> <p><u>Técnica</u></p> <p>Volumetría, espectroscopia, potenciometría, refractometría, gravimetría, espectrometría, atwater y recuento de colonias en placas</p> <p><u>Instrumento</u></p> <p>Balanza analítica, bureta volumétrica, espectrofotómetro de absorción molecular y recuento en placas</p>
<p><u>Problemas específicos</u></p> <p>¿Cuáles son las propiedades físico-químicas del tocosh natural, cocido y liofilizado?</p> <p>¿Cuál es el contenido químico proximal en el tocosh natural, cocido y liofilizado?</p> <p>¿Cuál es el contenido de energía en kcal/100g en el tocosh natural, cocido y liofilizado?</p> <p>¿Cuál es el contenido de polifenoles en el tocosh natural, cocido y liofilizado?</p> <p>¿Cuál es la actividad antioxidante en el tocosh natural, cocido y liofilizado?</p> <p>¿Cuál es el perfil microbiológico en el tocosh natural, cocido y liofilizado?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Determinar las propiedades físico-químicas del tocosh natural, cocido y liofilizado</p> <p>Evaluar el contenido químico proximal en el tocosh natural, cocido y liofilizado</p> <p>Evaluar el contenido de energía en kcal/100g en el tocosh natural, cocido y liofilizado</p> <p>Determinar el contenido de polifenoles en el tocosh natural, cocido y liofilizado</p> <p>Evaluar la actividad antioxidante en el tocosh natural, cocido y liofilizado</p> <p>Determinar el perfil microbiológico en el tocosh natural, cocido y liofilizado</p>			

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Propiedades fisicoquímicas del tocosh

Tabla 11

*Propiedades fisicoquímicas (% base húmeda) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa		Propiedades fisicoquímicas			
		$a_w$	°Brix	pH	% Acidez
Natural	Walash	0,98±0,01	0,05±0,01	4,37±0,02	0,04±0,00
	Blanca	0,98±0,01	0,06±0,01	4,08±0,01	0,05±0,00
	Galleta	0,97±0,00	0,05±0,01	4,39±0,09	0,03±0,00
Cocido	Walash	0,99±0,00	0,04±0,00	4,63±0,08	0,03±0,00
	Blanca	0,99±0,00	0,05±0,00	4,81±0,08	0,02±0,00
	Galleta	0,98±0,00	0,05±0,01	4,79±0,04	0,03±0,00
Liofilizado	Walash	0,03±0,00	0,05±0,01	3,88±0,02	0,18±0,00
	Blanca	0,02±0,00	0,05±0,01	4,04±0,01	0,17±0,00
	Galleta	0,03±0,00	0,05±0,00	3,85±0,02	0,08±0,00

La medida de los °Brix y pH provienen de una dilución de 5 g de muestra diluidos en 40 mL de agua destilada neutralizada. La acidez de expreso en % de ácido cítrico.

En la Tabla 11 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos desarrollados en las muestras de tocosh de diferentes variedades. Cuando se evalúa el tocosh natural con respecto a las variedades de papa se observa que el pH y el % de acidez muestran variaciones en la media. Mientras que las variables actividad de agua ( $a_w$ ) y °Brix no mostraron variaciones importantes. Con respecto al pH el tocosh de papa Blanca presento un valor más bajo que el tocosh de papa Walsh y Galleta, estos dos últimos mostraron medias muy

similares con valores de 4,37 y 4,39 respectivamente. Mientras que el % de acidez varió ligeramente entre el tocosh de diferentes variedades de papa.

Mientras que la influencia de la liofilización sobre el tocosh de diferentes variedades de papa fue para la  $a_w$ , pH y % de acidez. El tocosh de papa Walsh y Galleta presentaron menores valores como 3,88 y 3,85 respectivamente. Mientras que la  $a_w$  y pH mostraron ligeras diferencias entre las muestras de tocosh de diferentes variedades.

#### 4.2. Composición química proximal del tocosh

##### 4.2.1. Determinación del contenido de proteínas

Para evaluar la composición química proximal del tocosh se tomó en cuenta las muestras de tocosh de diferentes variedades que se obtuvieron a partir de papa Walsh (*S. tuberosum subsp. andigenum*), papa blanca (*S. tuberosum subsp. tuberosum*), y papa galleta (*S. tuberosum subsp. andigenum*). En la Tabla 12 se resumen la composición de proteínas.

Tabla 12

Contenido de proteínas (% base húmeda) según variedades

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walsh	1,14±0,01	0,82±0,01	1,90±0,02
Blanca	1,04±0,05	0,74±0,01	1,65±0,02
Galleta	0,67±0,00	0,47±0,03	2,09±0,02

Los resultados son expresados como la media  $\pm$  desviación estándar.

En el caso del contenido de proteínas se observa que hay diferencia en función de la variedad de papa. Con respecto al liofilizado, el tocosh de papa Galleta mostró mayor contenido que el tocosh de papa Walsh y Blanca.

Mientras que en el tocosh natural y cocido de la variedad Walsh fue mayor con respecto de las otras variedades.

En la Tabla 13 se muestra el contenido de proteínas en base seca (BS) del tocosh en función de las variedades de papa.

Tabla 13

*Contenido de proteínas (% base seca) según variedades.*

Tocosh según tratamiento	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walsh	2,97±0,04 a	6,13±0,09 a	1,90±0,02 b
Blanca	2,68±0,12 b	6,44±0,06 a	1,65±0,02 c
Galleta	1,71±0,01 c	5,02±0,35 b	2,09±0,02 a
p	***	0,00044***	***

Todos los valores se presentan como la media  $\pm$  desviación estándar. Letras (a-c) en las columnas indican diferencia para la prueba de Tukey. Significancia:  $p < 0,05$  \*;  $p < 0,01$  \*\*;  $p < 0,001$  \*\*\*. El ANOVA se observa en el APENDICE 1.

De acuerdo con nuestros resultados en la Tabla 13 se observa el efecto de los tratamientos sobre el tocosh de cada variedad. El análisis del contenido de proteína en base seca favorece el tratamiento por cocción para el tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Seguido del tratamiento natural y liofilizado. El efecto de los tratamientos fue altamente significativo con un valor de  $p < 0,001$  \*\*\*.

#### 4.2.2. Determinación del contenido de lípidos

La composición de lípidos totales se resume en la Tabla 14. Estos resultados muestran que el tocosh de papa Blanca fue superior al tocosh de papa Galleta y Blanca. Mientras que las variedades de tocos tratadas por cocción, mostró que el tocosh de papa Blanca fue ligeramente superior con una media de

0,04 %. Además, durante la liofilización no se observó diferencias significativas entre el tocosh de diferentes variedades.

Tabla 14

*Contenido de lípidos (% base húmeda) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walash	0,04±0,01	0,02±0,01	0,06±0,01
Blanca	0,08±0,01	0,03±0,00	0,05±0,01
Galleta	0,05±0,01	0,04±0,01	0,07±0,01

Contenido de lípidos se expresan como media ± desviación estándar.

En la Tabla 15 se muestra el contenido de lípidos del tocosh en base seca

Tabla 15

*Contenido de lípidos (% base seca) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walash	0,11±0,01 b	0,16±0,08 b	0,06±0,01
Blanca	0,21±0,02 a	0,26±0,04 b	0,05±0,01
Galleta	0,13±0,01 b	0,44±0,06 a	0,07±0,01
p	0,000586***	0,00409**	0,292ns

Contenido en forma de media ± desviación estándar. Letras diferentes en las columnas presentan diferencia estadística para la prueba de Tukey. Significancia: p < 0,05 \*; p < 0,01 \*\*; p < 0,001 \*\*\*. Las siglas "ns" no significativo. El ANOVA se observa en el APENDICE 2.

Los resultados observados en la Tabla 15 dan cuenta que en el tocosh de papa Walash, Blanca y Galleta para el tratamiento liofilizado no mostro diferencia significativa (p = 0,292ns). Sin embargo, para los tratamientos natural y cocido el efecto fue significativo con valores de 0,000586\*\*\* y 0,00409\*\*

respectivamente. En ambas muestras de tocosh (Blanca y Galleta) el tratamiento por cocción presentó mayor contenido de lípidos. En el caso del tratamiento natural, el tocosh de papa Walsh y Galleta fueron estadísticamente iguales, mientras que en el tratamiento por cocción Walsh y Blanca mostraron valores estadísticamente iguales según la prueba de comparación de medias de Tukey.

#### 4.2.3. Determinación del contenido de cenizas

Con respecto a las cenizas totales se observa en la Tabla 16, el efecto del tratamiento sobre las muestras de tocosh de diferente variedad de papa. El tocosh de papa Blanca presentó valores superiores para cada efecto (natural, cocción y liofilización) con respecto de la papa Walsh y Galleta. Solo en el tratamiento por liofilización se observa que el tocosh de papa Walsh y Blanca fueron muy similares. El tocosh de papa galleta, en todos los tratamientos, mostró menor contenido de cenizas. De manera general el orden de acuerdo con el contenido de cenizas para el tocosh de diferentes variedades de papa sería: Tocosh de papa Blanca mayor que el tocosh de papa Walsh y a su vez mayor que el tocosh de papa Galleta.

Tabla 16

*Contenido de cenizas (% base húmeda) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walsh	0,28±0,05	0,19±0,04	0,79±0,06
Blanca	0,42±0,06	0,38±0,03	0,78±0,07
Galleta	0,13±0,01	0,07±0,02	0,49±0,04

Todos los valores son presentados en media ± desviación estándar.

En la Tabla 17 se muestra el contenido de cenizas del tocosh en función de las variedades.

Tabla 17

*Contenido de cenizas (% base seca) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walash	0,73±0,14 b	1,51±0,70 b	0,79±0,06 a
Blanca	1,09±0,16 a	3,50±0,99 a	0,78±0,07 a
Galleta	0,33±0,03 c	0,75±0,18 b	0,49±0,04 b
p	0,00072***	0,00796**	0,00087***

Resultados en termino de media ± desviación estándar. Diferentes letras (a-c) en las columnas muestran significativa mediante la prueba de Tukey. Significancia:  $p < 0,05$  \*;  $p < 0,01$  \*\*;  $p < 0,001$  \*\*\*. Las siglas n.s. no significativo. El ANOVA se observa en el APENDICE 3.

Los resultados del contenido de cenizas en la Tabla 17 indican el efecto comparativo entre las muestras de tocosh con respecto a los tratamientos. Los tratamiento natural, cocido y liofilizado presentaron diferencia significativa para el tocosh de papa Walash, Blanca y Galleta a un nivel de significancia de  $p < 0,01$  \*\*. Sin embargo, en el tratamiento mediante liofilización se observa que el tocosh de papa Walash y Blanca fueron estadísticamente iguales, mientras que el tratamiento por cocción, Walash y Galleta no mostraron diferencias significativas según la prueba de Tukey. Cuando se considera el efecto de los tratamientos sobre el contenido de cenizas se observa que el tratamiento mediante cocción fue mayor que el tratamiento por cocción y liofilización.

#### 4.2.4. Determinación del contenido de humedad

Con respecto al contenido de humedad en la Tabla 18 se observa el efecto de los tratamientos sobre el tocosh de diferentes variedades. Los resultados mostraron diferencias mínimas entre tratamiento natural y cocción. El contenido de humedad del tratamiento natural varió entre 60,66 a 61,55 %, mientras que

para el efecto cocido varió entre 86,66 a 90,63 %. Para el tratamiento liofilización se observa menores valores en el tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta, siendo el tocosh de papa Blanca el que presentó mayor porcentaje de humedad (2,57 %) con respecto del tocosh de papa Galleta (1,35 %) y papa Walsh (1,26 %). Numéricamente se observa que el tocosh de papa Galleta y tocosh de papa Walsh fueron similares (Tabla 18).

Tabla 18

*Contenido de humedad (% base húmeda) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walsh	61,55±1,30	86,66±2,95	1,26±0,04
Blanca	61,35±1,36	88,57±2,89	2,57±0,08
Galleta	60,66±0,48	90,63±5,53	1,35±0,08

Datos en la tabla como la media ± desviación estándar.

#### 4.2.5. Determinación del contenido de carbohidratos

La Tabla 19 resumen la composición de carbohidratos de las muestras de tocosh de diferentes variedades de papa. El tratamiento natural mostró que el tocosh varió de 36,99 a 38,49 %, mientras que efecto del tratamiento cocción fue de 8,78 a 12,31 %. Para el tratamiento natural y cocido presentaron valores muy similares. Por otro lado, el efecto del tratamiento liofilización presentó para el tocosh de papa Walsh y tocosh de papa Galleta los valores más altos, sin embargo, entre ambas muestras fueron ligeramente similares.

Tabla 19

*Contenido de carbohidratos (% base húmeda) según variedades*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walash	36,99±1,26	12,31±2,99	95,99±0,07
Blanca	37,11±1,27	10,29±2,92	94,95±0,10
Galleta	38,49±0,47	8,78±5,51	96,00±0,13

Los valores mostrados como la media ± desviación estándar.

En la Tabla 20 se muestra el contenido de carbohidratos del tocosh en base seca. Los resultados observados muestran diferencia significativa para los tratamientos natural ( $p = 0,0000^{***}$ ) y liofilizado ( $p = 0,0000^{***}$ ), mientras que para el tratamiento cocción no se observó diferencias significativas ( $p = 0,738ns$ ). Como en los casos anteriores el mayor contenido se observó en el tratamiento natural, seguido del tratamiento mediante liofilización y finalmente cocción.

Tabla 20

*Contenido de carbohidratos (% base seca) según tratamiento*

Tocosh diferentes variedades de papa	Tratamientos		
	Natural	Cocido	Liofilizado
Walash	96,19±0,05 b	91,96±2,37	95,99±0,07 a
Blanca	96,02±0,14 b	89,54±2,55	94,94±0,11 b
Galleta	97,83±0,05 a	91,53±5,89	96,01±0,13 a
p	***	0,738ns	***

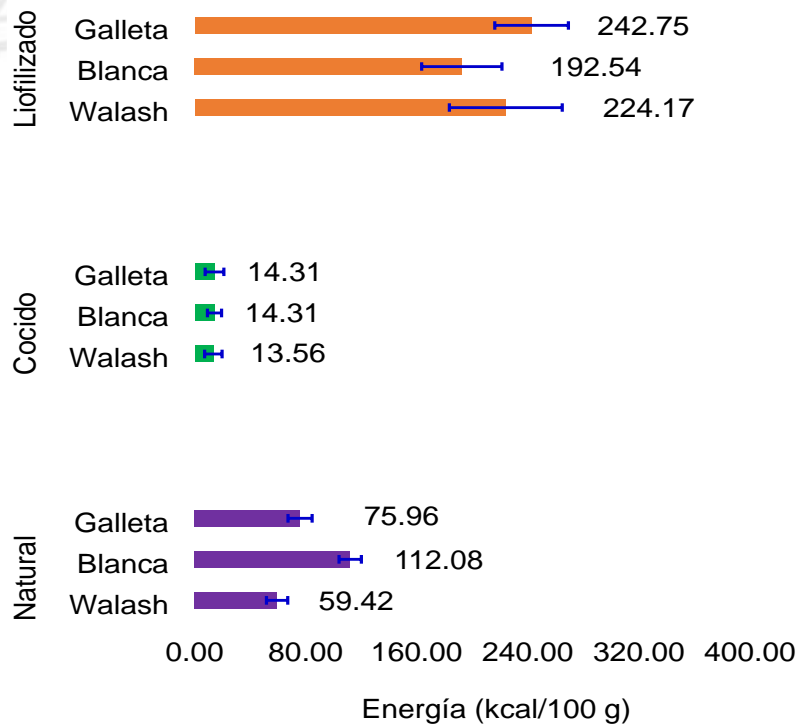
Valores expresados como la media ± desviación estándar. Letras (a-b) en las columnas muestran diferencia estadística de acuerdo con la prueba de Tukey. Significancia:  $p < 0,05$  \*;  $p < 0,01$  \*\*;  $p < 0,001$  \*\*\*. Las siglas n.s. no significativo. El ANOVA se observa en el APENDICE 4.

#### 4.2.6. Determinación del contenido de energía

En la Figura 8 se observa el aporte de las proteínas, lípidos y carbohidratos para contenido de energía (Kcal/100 g) de las muestras y le efecto de los tratamientos. Los resultados mostrados indican que el tratamiento por cocción fue muy similar entre las diferentes variedades, las medias de las diferentes muestras estuvieron comprendidas entre 13,56 a 14,31 Kcal/100 g, al igual que el tratamiento mediante liofilización estuvieron entre 192,54 a 242,75 Kcal/100 g. Por otro lado, el efecto del tratamiento natural varió entre 59,42 a 112,08 Kcal/100 g, siendo el tocosh de papa Blanca el de mayor aporte de energía, seguido del tocosh de papa Galleta con una media de 75,96 Kcal/100 g.

Figura 8

Contenido de energía (Kcal/100 g) de tocosh según variedades.



Nota: Valores expresados en media  $\pm$  desviación estándar.

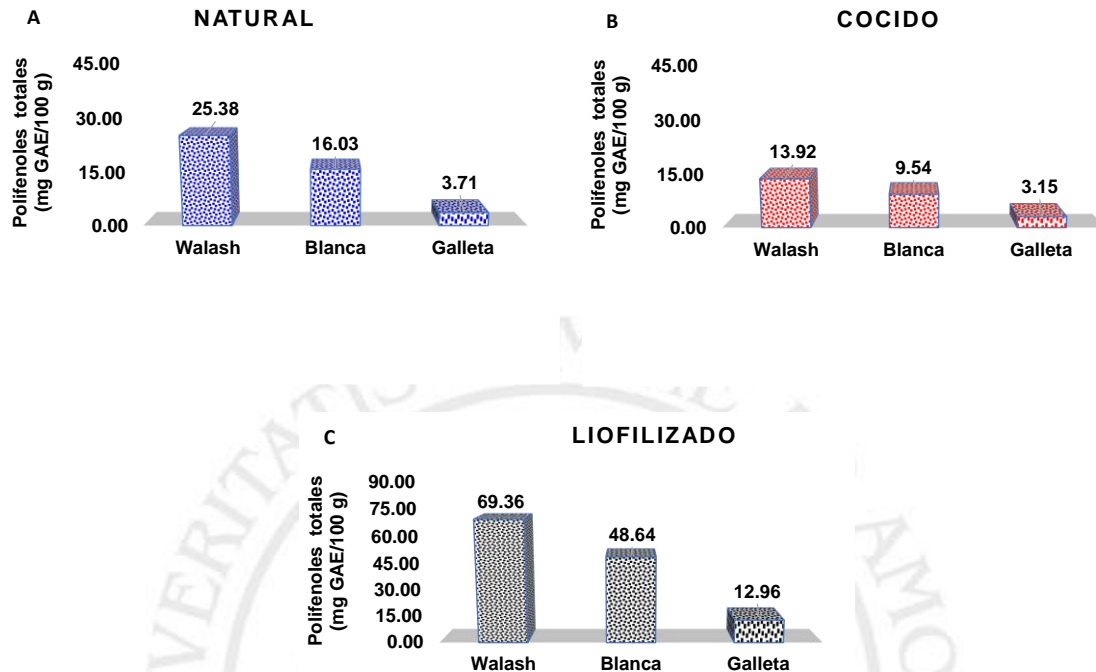
#### 4.3. Determinación del contenido de polifenoles

Los polifenoles están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Muchos tubérculos y raíces contienen diversas clases de polifenoles que son antioxidantes dietarios. Estos compuestos son considerados promotores de la salud debido a sus efectos biológicos comprobados. En las muestras analizadas se ha cuantificado el contenido de polifenoles totales para los diferentes tratamientos. En la Figura 9 A, 9 B, y 9 C se observa los polifenoles totales de las muestras de tocosh Walsh, tocosh Blanca y tocosh Galleta. El efecto de cada tratamiento sobre las diferentes muestras indica la variación de la composición de polifenoles. Para el tratamiento natural varió entre 3,71 a 25,38 mg GAE/100 g entre los diferentes tipos de tocosh; mientras que para el tratamiento cocido oscilo entre 3,15 a 13,92 mg GAE/100 g y para el tratamiento liofilización fue de 12,96 a 69,35 mg GAE/100 g.

El contenido de polifenoles según la variedad de papa (Walsh, Blanca, y Galleta) utilizada para la obtención de tocosh presentó valores de 25,38; 13,92; 69,36 mg GAE/100 g; 16,03; 9,54; 48,64 mg GAE/100 g, y 3,71; 3,15; 12,96 mg GAE/100 g respectivamente.

Figura 9

Contenido de polifenoles totales de tocosh según variedades.



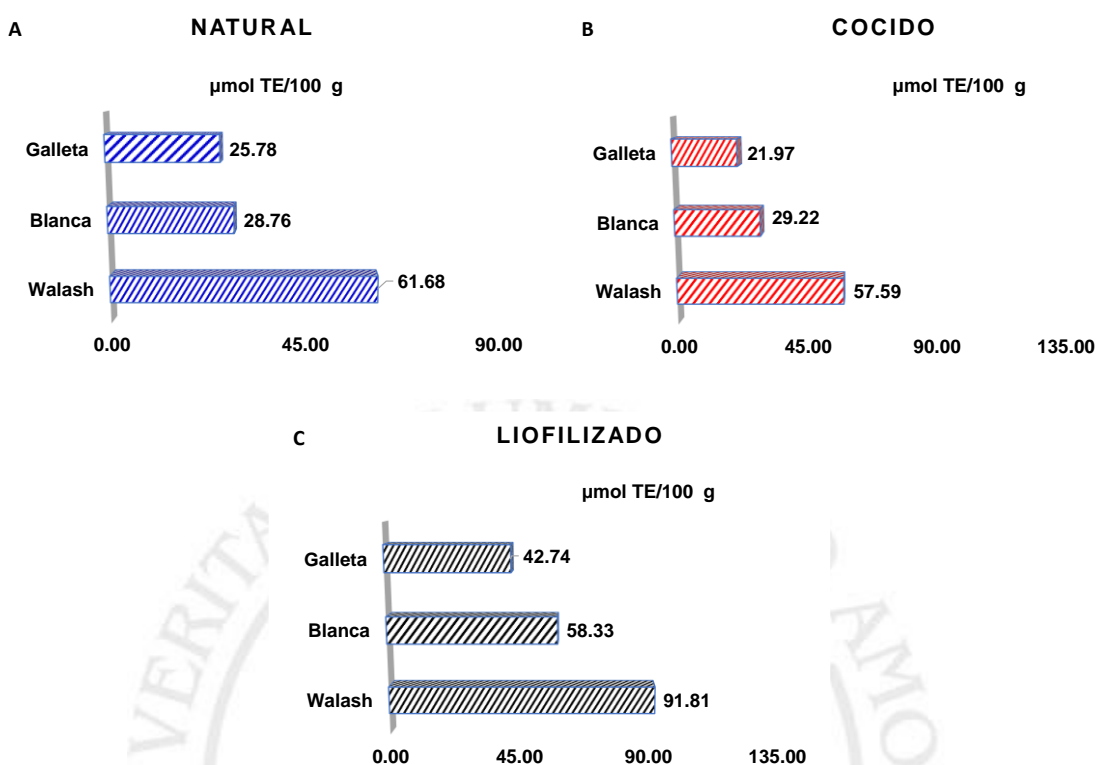
Nota: (A) tocosh de papa Walsh; (B) tocosh de papa Blanca; y (C) tocosh de papa Galleta.

#### 4.4. Evaluación de la actividad antioxidante.

Otro parámetro relevante que caracteriza el valor nutracéutico de un alimento es la actividad antioxidante. Varios métodos se han implementado para evaluar esta propiedad mediante ensayos *in vitro*, *ex vivo* e *in vivo*. La actividad antioxidante describe la capacidad de las moléculas redox en los alimentos y sistemas biológicos para secuestrar radicales libres. En la Figura 10 A, 10 B, y 10 C se observa la actividad antioxidante medida por el radical DPPH de las muestras de tocosh Walsh, tocosh Blanca y tocosh Galleta.

Figura 10

*Actividad antioxidante mediante DPPH según variedades.*



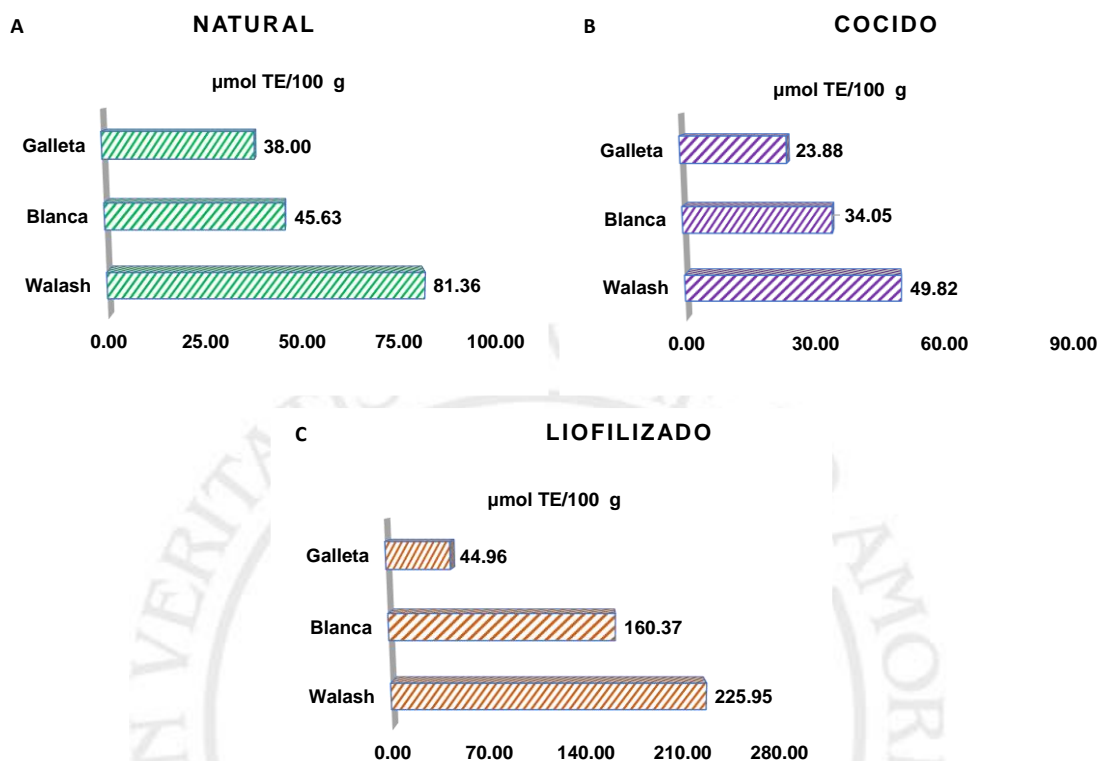
*Nota: (A) tocosh de papa Walsh; (B) tocosh de papa Blanca; y (C) tocosh de papa Galleta.*

Los resultados observados muestran que el tocosh de la variedad Walsh presentó mayor actividad antioxidante que las muestras de tocosh procedentes de la variedad Blanca y Galleta. Solo en el tratamiento de tocosh de papa Galleta y papa Blanca fueron muy cercanas con valores de 25,78 y 28,76  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  de muestra.

Por otro lado, la actividad antioxidante mediante el radical ABTS (ácido 2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolona)-6-sulfónico) frente a los diferentes extractos de tratamientos de tocosh se observa en la Figura 11.

Figura 11

*Actividad antioxidante mediante ABTS de tocosh según variedades.*



*Nota: (A) tocosh de papa Walsh; (B) tocosh papa Blanca; y (C) tocosh papa Galleta.*

Cuando se considera el tocosh de diferentes variedades (Walash, Blanca, y Galleta) los resultados muestran que la actividad antioxidante medida por el radical ABTS fue mayor para el tocosh de papa Walsh (81,36; 49,82; 225,95 µmol TE/100 g), seguido del tocosh de papa Blanca (45,63; 34,05; 160,37 µmol TE/100 g) y tocosh de papa Galleta (38,00; 23,88; 44,96 µmol TE/100 g). Cuando se considera el efecto de cada tratamiento natural, cocido y liofilizado sobre el tocosh de diferentes variedades los valores de actividad antioxidante mediando por el radical ABTS estuvieron entre 38,00 a 81,36 µmol TE/100 g; 23,88 a 49,82 µmol TE/100 g; y 44,96 a 225,95 µmol TE/100 g respectivamente.

#### 4.5. Determinación del perfil microbiano.

El análisis microbiológico de los tratamientos (sin tratamiento, cocido, y liofilizado) están resumidos en la Tabla 21. Estos resultados incluyen el recuento de mohos, levaduras, aerobios mesófilos viables y recuento de lactobacillus.

Estos resultados muestran la distribución de la carga microbiana analizada en los diferentes tratamientos. Con respecto a los mohos y levaduras en todas las muestras se observó que estuvieron por debajo del límite de cuantificación. Por otro lado, los microorganismos mesófilos aerobios viables se encontraron en concentraciones más alta en las muestras sin tratamiento y liofilizadas y en menor proporción en las muestras cocidas.

En las muestras frescas estuvieron alrededor de 12 Ln UFC/g, mientras que las muestras cocidas alrededor de 4,7 Ln UFC/g, y las muestras liofilizadas con una media de 10,9 Ln UFC/g. En el caso del recuento de lactobacillus (Tabla 21) se observa que las muestras frescas presentaron altos recuentos que presentaron una media de 14,29 Ln UFC/g, mientras que las muestras cocidas y liofilizadas presentaron valores < 10 UFC/g.

Tabla 21

*Recuento de microorganismos en las diferentes variedades de tocosh.*

Microrganismos analizados	Natural	Cocido	Liofilizado
<b>Walash</b>			
Mohos (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Aerobios mesófilos (Ln UFC/g)	12,35±0,13	4,89±0,26	10,19±0,35
Lactobacillus (Ln UFC/g)	14,32±0,34	< 10	< 10
<b>Blanca</b>			
Mohos (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Aerobios mesófilos (Ln UFC/g)	12,17±0,07	4,70±0,13	10,78±0,09
Lactobacillus (Ln UFC/g)	14,88±0,27	< 10	< 10
<b>Galleta</b>			
Mohos (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Levaduras (UFC/g)	< 10	< 10	< 10
Aerobios mesófilos (Ln UFC/g)	12,31±0,10	4,89±0,26	11,47±0,11
Lactobacillus (Ln UFC/g)	13,68±0,32	< 10	< 10

Los valores < 10 están referidos al límite de cuantificación (< LOQ)

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto a las propiedades físico - químicas del tocosh a partir de la actividad de agua, °Brix, pH, y % de acidez titulable se establece los parámetros de calidad de este producto. Según Salehi<sup>85</sup> menciona que la calidad de las frutas y vegetales está definida por sus propiedades fisicoquímicos, enzimáticas, microbiológicas, características sensoriales, y la estabilidad. Los valores de actividad de agua del tocosh liofilizado fueron ~0,03, tocosh cocido de ~0,98 y tocosh sin tratamiento fue ~0,97. En el caso del tocosh liofilizado concuerdan con algunos reportes que mencionan que la actividad de agua en algunas frutas y vegetales liofilizados se encuentra entre 0,08 a 0,33<sup>86</sup>.

Por otro lado, el tocosh natural proviene de una inmersión en agua que incrementa la humedad, sin embargo, los valores de actividad de agua son muy similares a las papas frescas. Según Schmidt y Fontana mencionan que las papas oscilan en un rango de actividad de agua de 0,988 a 0,997<sup>87</sup>. Este rango de actividad de agua es muy similar a los encontrados en tocosh natural.

Además, el tocosh cocido presentó valores de actividad de agua muy similares al tocosh fresco. La actividad de agua del tocosh cocido fue muy similar a productos como mermeladas, jaleas, y jugos de frutas que oscilan entre 0,82 a 0,98<sup>87</sup>.

Con respecto a los °Brix se observa que las muestras de tocosh presentaron valores muy similares entre 0,04 a 0,06. Al tratarse de un alimento rico en almidón, el porcentaje de los azúcares reductores es bajo. En algunas variedades de papa fresca los °Brix oscilaron entre 3,91 a 6,72, mientras que el % de azúcares reductores entre 0,26 a 0,96<sup>88</sup>. Los grados Brix es un parámetro importante que indica el proceso de maduración de las frutas y vegetales,

cuando el almidón se degrada en azúcares más simples, los °Brix se incrementan, por lo que las frutas y vegetales en estadio verde presentan más almidones y cuando están maduros presentan más azúcares reductores<sup>89</sup>.

Otro parámetro fisicoquímico medible en las muestras de tocosh fue el pH, los valores oscilaron entre 3,85 a 4,81. De manera general las papas frescas presentan valores de pH entre 5,16 a 5,94<sup>88</sup>.

El tocosh es un producto fermentado que está asociado con una diversidad de *Lactobacillus* que utilizan los almidones como sustrato para producir ácido láctico y por consiguiente disminuyen el pH en el tocosh. Según Jiménez et al.<sup>4</sup> mencionan que el pH en una muestra de tocosh varía alrededor de 3,8 en el primer mes del proceso de fermentación, mientras que al octavo mes el pH fue 4,2. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio.

El porcentaje de acidez titulable en las muestras de tocosh varió entre 0,02 a 0,18 % de ácido cítrico. Según Vilca Renojo<sup>90</sup> reportó que el contenido del porcentaje de acidez titulable en tocosh deshidratado fue 0,3 % de ácido sulfúrico, mientras que el tocosh fresco osciló alrededor de 0,26 % de ácido sulfúrico.

Los microorganismos productores de ácido láctico, especialmente del género *Lactobacillus* son responsables del incremento de la acidez en el tocosh<sup>4</sup> y otros productos como frutas y vegetales. Algunos reportes mencionan que los productos fermentados son recursos alimenticios con propiedades beneficiosas para la salud<sup>91</sup>, además la presencia de *Lactobacillus* mejora la estabilidad de los productos fermentados<sup>92</sup>.

La composición nutricional de los alimentos juega un papel relevante ya que describe el nivel del contenido de nutrientes en los alimentos. Estos incluyen el contenido de proteínas, carbohidratos, grasa y agua. Además de otros micronutrientes como vitaminas, minerales, tocoferoles, esteroides. Los fitoquímicos que incluyen polifenoles, taninos, carotenoides, alcaloides, glucosinolatos, estilbenos, terpenos, etc.<sup>70</sup>.

Al respecto el contenido de proteínas en muestra de tocosh osciló entre 0,47 a 2,09 %. Algunos reportes mencionan que el contenido de proteínas en papas generalmente oscila entre 1,0 a 1,5 % y la variación en el contenido depende de la variedad<sup>93</sup>.

Por otro lado, también se menciona que las proteínas de la papa son de alta calidad debido a su digestibilidad y contenido de aminoácidos indispensables (lisina, treonina y triptófano).

Con respecto a la composición de proteínas de la muestra de tocosh influenciada por el tratamiento natural, cocido y liofilizado se observa que el tratamiento mediante cocción se incrementó en comparación con el tratamiento por liofilización. El tratamiento por cocción en relación con el tratamiento por liofilización es de 2 a 4 veces mayor, mientras que el cocido frente al tratamiento natural fue de 2 a 3 veces mayor.

En relación con el tocosh cocido en las variedades (Walash, Blanca y Galleta) se observa menor contenido con respecto al tocosh natural y tocosh liofilizado, sin embargo, trabajos previos han informado que las papas sometidas a cocción presentaron valores superiores entre 1.76 a 2.95 %<sup>94</sup>. El incremento en el contenido de proteínas posiblemente se debe al bajo contenido de fibra

soluble, ya que en papas sometidas a cocción sin considerar la cascara es aproximadamente 1,8 g de fibra/100 g muestra.

El tocosh de la variedad Galleta en su forma liofilizada presentó mejor contenido de proteínas. Estos resultados están de acuerdo con reportes previos, donde el proceso de liofilización remueve el contenido de agua de una muestra congelada mediante sublimación y desorción en tres pasos, congelación, secado primario y secado secundario<sup>95</sup>. Varios reportes mencionan que el proceso de liofilización no implica calentamiento por lo tanto no desnaturaliza la proteína.

Sin embargo la comparación entre el proceso de cocción y liofilización con respecto al contenido de proteínas es a favor del tratamiento por cocción (Tabla 18) esta variación puede estar relacionada con el tiempo de los tratamientos, en nuestro estudio para la cocción se utiliza temperatura de 100 °C por 25 minutos, mientras que en proceso de liofilización durante 48 horas, puede alterar la estructura del material al elevar la temperatura durante el secado primario (sublimación) o secado secundario (adsorción).

Los lípidos son uno de los macronutrientes más importantes para todas las células vivas, ya que el papel funcional de los lípidos es acumular energía. En el caso del tocosh en contenido varió de 0,02 a 0,07 %, estos resultados muestran que este alimento es muy bajo en lípidos. Algunos reportes mencionan que el contenido de lípidos en la pulpa de papa varió alrededor de 0,13 %, mientras que en papas cocidas el valor fue 0,10 %<sup>93</sup>. Por otro lado, Ramadan y Oraby<sup>96</sup> mencionaron que la fracción lipídica de la papa consta del 47 % de fosfolípidos, 22 % de galactolípidos, y el 21 % son ácidos grasos libres y acilglicéridos.

Con respecto al contenido de lípidos en las muestras de tocosh y el efecto del tratamiento por cocción se incrementa en comparación con la liofilización. Esta variación solo se observa en el tocosh de papa Blanca y tocosh de papa Galleta. En el tratamiento por cocción frente a la liofilización se observa de 3 a 6 veces mayor, mientras que en el cocido y natural entre 1 a 3 veces mayor. Estas variaciones pueden estar sujetas a las variaciones en la composición química del tocosh y también a la hidrólisis como sucede con algunos metabolitos lipídicos cuando son sometidos a procesos de liofilización en fracción acuosa<sup>115</sup>. Sin embargo, en pulpas de palta liofilizadas y no liofilizadas, no se observó variación en la composición de lípidica<sup>116</sup>.

El contenido de cenizas en las muestras de tocosh osciló entre 0,07 a 0,79 %. La variación del contenido de cenizas esta influenciada por la variedad de las papas utilizadas para la obtención del tocosh. En algunos reportes mencionan que los minerales más importantes en papas son el potasio, fósforo, magnesio, calcio, hierro y zinc. Varios reportes han mencionado que la papa es un recurso importante de minerales dietarios. También se ha mencionado que la papa proporciona el 18 % del requisito promedio estimado de potasio, alrededor del 6 % de hierro, fósforo, y magnesio, mientras que el 2 % corresponde a calcio y zinc<sup>97</sup>. Por lo tanto, el tocosh de las variedades de papa investigadas proporciona una matriz excelente de fuente de cenizas.

Las muestras cocidas presentaron mayores niveles de minerales en comparación con el tocosh natural y tocosh liofilizado. Algunos reportes mencionaron que el contenido de cenizas en la pulpa de papa presentó un valor de 1.33 %, mientras que la papa cocida fue de 0.92 %<sup>93</sup>.

El porcentaje de humedad de los diferentes tratamientos de tocosh variaron desde 1,26 a 90,63 %. El rango de porcentaje de humedad de las muestras liofilizadas fue de 1,26 a 2,57 %. Algunos autores han mencionado que el contenido de humedad en los productos terminados liofilizados varía entre 2 a 8 %. En el caso del tocosh liofilizado los valores de humedad alcanzados se encuentran en los rangos encontrados en la literatura científica<sup>98</sup>.

Por otro lado, el tocosh natural de diferentes variedades fue muy similar a los reportes de contenido de humedad de variedades de papas pigmentadas frescas que oscilan entre 61 a 76 %<sup>99</sup>, mientras que el porcentaje de humedad en papas cocidas fue de ~77<sup>93</sup>. Los valores obtenidos en los diferentes tratamientos de tocosh se encontraron dentro de los rangos establecidos por otros autores.

Además, es importante recalcar que el porcentaje de humedad en los alimentos proporciona características relacionadas a la apariencia física, como la forma, el color, la textura, aroma, peso, que pueden tener un impacto en el costo del producto, además de proveer información sobre la vida útil, el frescor, la calidad y la resistencia a la contaminación bacteriana. Al respecto, el crecimiento microbiano está directamente relacionado con la humedad debido a que es un factor clave para el deterioro de los alimentos, mientras que la deshidratación de los alimentos reduce el contenido de humedad, por lo tanto, el crecimiento microbiano<sup>100</sup>.

La composición de carbohidratos en las muestras de tocosh se encuentra en forma de almidones. Algunos reportes mencionan que la papa fresca contiene alrededor de 20 % de almidón. Bioquímicamente, el almidón está compuesto por amilosa y amilopectina, esta última molécula se encuentra alrededor del 70 al 80

% del almidón disponible y la diferencia corresponde a la amilosa<sup>101</sup>. El tocosh como una matriz alimentaria rica en carbohidratos, contribuye con mayor cantidad de energía proveniente de este macronutriente.

La fracción de carbohidratos en los diferentes tratamientos de tocosh está representada por un alto valor en tocosh liofilizado (~94 %) y en menor proporción en tocosh natural (~36 %) y tocosh cocido (~10 %). Algunos reportes mencionan que las papas cocidas presentan alrededor de 20 %, mientras que las papas frescas están en el orden del 21 %<sup>93</sup>. Desde el punto de vista de la comparación, el tocosh cocido aportaría una mayor riqueza de carbohidratos.

Sin embargo, cuando se considera la estabilidad de los productos sometidos a liofilización estos incrementan su vida útil por presentar un menor contenido de humedad. Por otro lado, en el caso del tocosh presenta una menor percepción sensorial por lo tanto podrían ser productos con mayor disponibilidad de consumo.

El tocosh de papa Blanca (natural) presentó mayor aporte de energía en comparación con el tocosh de papa Galleta y Walsh. Estos resultados son comparables con el aporte de energía de papas frescas que oscilaron entre 90 a 150 Kcal/100 g de muestra<sup>99</sup>. En el caso del tocosh cocido el aporte de energía fue muy similar en las tres variedades. Para las muestras liofilizadas el tocosh de papa Galleta presentó mayor aporte de energía.

El valor antioxidante de un alimento esta caracterizado por alguna sustancia que está presente en el tocosh que puede proporcionar algún beneficio para la salud y que puede incluir la prevención y tratamiento de la enfermedad. En este estudio se incluyó como valor antioxidante la determinación del contenido de polifenoles y la evaluación de la actividad antioxidante mediante la

captación de radicales libres del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y ácido 2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS).

Los resultados del valor antioxidante enfocados en el contenido de polifenoles muestran que los diferentes tratamientos de tocosh oscilaron entre 3,15 a 69,36 mg GAE/100 g de muestra. El mayor contenido de polifenoles se observó en tocosh de papa Walsh y el menor contenido en tocosh de papa Galleta.

Según Sreeramulu y Raghunath<sup>102</sup> mencionan que el contenido de polifenoles fue  $38,42 \pm 0,62$  mg GAE/100 g de muestra. En otro tipo de tubérculos y raíces como en la remolacha (169,41 mg GAE/100 g), cebolla (64,16 mg GAE/100 g), rábano (66,73 mg GAE/100 g), camote (53,70 mg GAE/100 g), yuca (137,55 mg GAE/100 g) y ñame (54,92 mg GAE/100 g)<sup>102</sup> es menor que los encontrados en el tocosh. Sin embargo, en papas pigmentadas el contenido de polifenoles se encuentra alrededor de 209 mg GAE/100 g de muestra<sup>104</sup> y las papas de pulpa blanca varía de 20 a 63 mg GAE/100 g<sup>105</sup>.

Por otro lado, en papas deshidratadas en contenido de polifenoles varía en función de las características cromáticas de la pulpa, en papas de pulpa morada varió de 162 a 510 mg GAE/100 g, en papas de pulpa roja fue de 152 a 261 mg GAE/100 g, y en papas de pulpa amarilla oscilaron entre 113 a 114 mg GAE/100 g<sup>106</sup>.

En relación con la bioactividad de los diferentes tratamientos de tocosh sobre la actividad antioxidante medida por el radical libre DPPH y ABTS fue medido. Cuando se compara el tocosh de diferentes variedades se observa que la actividad antioxidante de mayor a menor fue como sigue: Walsh seguido por el tocosh de papa Blanca y tocosh de papa Galleta. En las muestras de tocosh

lío filizado presentaron valores de actividad antioxidante para el radical DPPH entre 42,74 a 91,81  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ , mientras que mediante el radical ABTS entre 44,96 a 225,95  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ .

Las muestras del tratamiento natural oscilaron entre 25,78 a 57,59  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  para el radical DPPH y entre 38 a 81,36  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  para el ABTS, seguido del tratamiento por cocción con valores entre 24,78 a 61,68  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  para DPPH y entre 23,88 a 49,82  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ . La actividad antioxidante está relacionada con el contenido de polifenoles, al respecto Kim et al.<sup>108</sup> mencionaron que los fenoles presentes en las papas poseen actividad antioxidante y pueden ser utilizados como agentes secuestrantes de radicales libres, algunos compuestos responsables de la actividad antioxidante son el ácido clorogénico, ácido cafeico, y ácido vanílico.

A pesar de que el tocosh (Walash, Blanca y Galleta) muestra una baja actividad antioxidante en comparación con otras matrices alimentarias. Algunos reportes mencionan que los polifenoles son fitoquímicos responsables de la promoción de la salud, han demostrado bioactividades como la antioxidante, antibacteriano, hipoglicemiante, anticancerígeno, antiinflamatorio y vasodilatador<sup>109</sup>.

La correlación entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante es una forma de establecer la actividad del tipo de compuestos fenólicos presentes en la fracción polar de los extractos de tocosh. Los resultados observados muestran una muy alta correlación positiva con valores de coeficiente de correlación entre 0,8679 a 0,9923, siendo la correlación polifenol vs ABTS ( $r = 0,9923$ ) la más alta.

Algunos reportes mencionan que la correlación entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante es dependiente del número y posición de los sustituyentes hidroxilo fenólico en el anillo B (APÉNDICE 5) cuando las posiciones C3' y 4' en el anillo B de la estructura química de un flavonoide es sustituido por grupos hidroxilo la actividad de secuestro de radicales libres favorece notablemente la actividad antioxidante. Mientras que los grupos hidroxilo del anillo fenólico A contribuyen parcialmente sobre la actividad antioxidante debido al efecto electrofílico del anillo C, además el número y la posición de sustitución de los grupos metoxilo ( $-\text{OCH}_3$ ) y glucosilo (O-glu) presentan poco efecto sobre la actividad antioxidante<sup>110,111</sup>.

Por lo tanto, la correlación entre los polifenoles y la actividad antioxidante de los tratamientos del tocosh fueron moderadamente similares a otras investigaciones. Según Kim et al.<sup>108</sup> mostro una correlación moderada entre el radical DPPH vs fenoles ( $r = 0,63$ ), mientras que el radical ABTS fue no significativo entre los compuestos fenólicos.

El análisis microbiano de las matrices alimentarias es fundamental para establecer los criterios de calidad especialmente cuando destinan al consumo humano. En este estudio se realizó una exploración del recuento de microorganismos mesófilos viables, recuento de mohos y levaduras y recuento de *Lactobacillus*. Los resultados observados muestran que el tocosh presentó contenidos entre 4,70 a 12,35 Ln UFC/g, siendo las muestras de tocosh natural y liofilizado con mayores contenidos y en menor cantidad en tocosh cocido.

Según Jiménez et al.<sup>4</sup> mencionaron que el recuento de microorganismos aerobios mesófilos viables se incrementa durante el proceso de fermentación a 8 meses, con valores que van desde  $\sim 15,27$  a  $\sim 18,60$  Ln UFC/g, estos valores

son superiores a los encontrados en este estudio, la variación de la carga microbiana puede estar relacionado la forma de conservación de la muestra. Por otro lado, el recuento de mohos y levaduras en este estudio fue  $< 10$  UFC/g, sin embargo, Jiménez et al.<sup>4</sup> reportaron niveles desde  $\sim 4,61$  a  $\sim 8,87$  Ln UFC/g, además que mencionaron que el recuento de mohos y levaduras disminuye durante la etapa de fermentación al octavo mes.

Con respecto a los *Lactobacillus* se reportaron valores comprendidos entre 13,68 a 14,88 Ln UFC/g, mientras que Jiménez et al.<sup>4</sup> informaron que contenido de este grupo de bacterias ácido láctico estuvo entre  $\sim 6,61$  a  $\sim 17,82$  Ln UFC/g utilizando agar MRS, además que este grupo de bacterias creció durante el proceso de fermentación. En las muestras de tocosh de diferentes tratamientos el crecimiento en las muestras cocidas y liofilizadas fue  $< 10$  UFC/g.

A partir de estos resultados se puede inferir que tratamiento por cocción y liofilización fue drástico para este grupo importante de microorganismos productores de ácido láctico. Considerando los beneficios de la liofilización en productos de mejor calidad y más estables, sin embargo, varios reportes mencionaron que el proceso de liofilización de *Lactobacillus plantarum* presentaron una reducción significativa de la viabilidad después de la liofilización<sup>112</sup>.

Por lo tanto, la viabilidad de los *Lactobacillus* es en las matrices alimentarias es fundamental, ya que regulan el sistema inmunológico, reduciendo el nivel de colesterol, permiten el equilibrio estable de los microorganismos intestinales y reducen el riesgo de tumores<sup>113</sup>. Además, la WHO<sup>114</sup> ha informado que la dosis y la viabilidad es importante para la eficacia de los probióticos, ya que los beneficios para la salud del huésped están

relacionados con la viabilidad de los microorganismos probióticos. Las sugerencias para la eficacia de un producto probiótico deben tener un mínimo de  $7 \log_{10}$  UFC/g ( $\sim 15,76 \text{ Ln UFC/g}$ ) de células viables al momento de consumir el alimento para fomentar el beneficio para la salud.



## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- De la composición nutricional del tocosh se desprende que los carbohidratos son la principal fuente de macronutrientes. Según las variedades: tocosh de papa Walsh (36,99 a 95,99 % b.h), tocosh papa Blanca (10,29 a 94,95 % b.h) y tocosh papa Galleta (8,78 a 96,00 % b.h). Según los tratamientos: natural (96,02 a 97,83 % b.s), cocido (89,54 a 91,96 % b.s) y liofilizado (94,94 a 96,01 % b.s).
- De la composición nutricional de proteínas. Según las variedades: tocosh de papa Walsh (0,82 a 1,90 % b.h), tocosh papa Blanca (0,74 a 1,65 % b.h), y tocosh papa Galleta (0,47 a 2,09 % b.h). Según los tratamientos: natural (1,71 a 2,97 % b.s), cocido (5,02 a 6,44 % b.s), y liofilizado (1,65 a 2,09 % b.s).
- De la composición de cenizas: Considerando las variedades se estable que el tocosh de la variedad Blanca presentó mayor contenido de cenizas entre 0,38 a 0,78 % b.h. Con respecto a los tratamientos, la composición de cenizas oscilo entre 0,75 a 3,50 % b.s para el tratamiento cocción.
- De la composición lípidos: Cuando se consideran las variedades el tocosh de papa Blanca y Galleta presentaron valores más significativos, a saber, 0,08 y 0,04 % b.h respectivamente. Mientras que con respecto a los tratamientos se establece que la cocción fue el más significativo con valores que oscilaron entre 0,26 a 0,44 % b.s.
- El valor antioxidante de tocosh, en función del contenido de polifenoles totales osciló entre 3.15 a 69.36 mg GAE/100 g de muestra y la actividad

antioxidante mediante DPPH fue entre 21.97 a 91.81  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$  de muestra y mediante ABTS fue 23.88 a 225.95  $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ .

- Los microorganismos mesófilos viables en las muestras de tocosh de diferentes presentaciones oscilaron entre 4.70 a 12.35 Ln UFC/g, mientras que el recuento de *Lactobacillus* entre 13.68 a 14.88 Ln UFC/g en muestras naturales, y en muestras cocidas y liofilizadas fue  $< 10$  UFC/g. Los mohos y levaduras en todos los tratamientos fueron  $< 10$  UFC/g.

## 5.2. Recomendaciones

- Desarrollar procesos de optimización para el proceso de liofilización del tocosh.
- Evaluar otros tipos de secado del tocosh como atomizado, secado al vacío y secado mediante aire forzado.
- Promover el desarrollo de tocosh a partir de papas pigmentadas con la finalidad de promover mayor riqueza de componentes bioactivos.
- Desarrollar productos nutracéuticos de valor agregado de harina de tocosh como ingredientes alimentarios funcionales enriquecidos con polifenoles y proteínas.
- Analizar el contenido de folatos en el tocosh, ya que al ser un producto fermentado por bacterias ácido lácticas; sintetizan estos compuestos durante el proceso de fermentación.
- Es importante tener en cuenta la caracterización nutricional del tocosh al momento de incluir este alimento en la dieta diaria de cada paciente, según su diagnóstico y requerimiento nutricional para así aprovechar todas las bondades del tocosh, ya sea en su estado natural, cocido o liofilizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kodahl N. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges?. *Planta* 2020;251:80.
2. Nasir MW, Toth Z. Effect of drought stress on potato production: A review. *Agronomy* 2022;12:635.
3. Dereje B, Chibuzo N. Nutritional composition and biochemical properties of *Solanum tuberosum*. In: Yildiz M, Ozgen Y, editors. *Solanum tuberosum - A Promising Crop for Starvation Problem* [Internet]. London: IntechOpen; 2021.
4. Jiménez E, Yépez A, Pérez-Cataluña A, Ramos Vásquez E, Zúñiga Dávila D, Vignolo G, Aznar R. Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing. *LWT-Food Sci. Technol.* 2018;87:567-574.
5. Jave J, Espinel V, López JL, Vega V. Yield of tocosh flour in two potato varieties (*Solanum tuberosum*) and their characteristics. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Edición Especial*, 2020;149-159.
6. Velasco-Chong JR, Herrera-Calderón O, Rojas-Armas JP, Hañari-Quispe RD, Figueroa-Salvador L, Peña-Rojas G, Andía-Ayme V, Yuli-Posadas RÁ, Yepes-Perez AF, Aguilar C. TOCOSH FLOUR (*Solanum tuberosum* L.): A toxicological assessment of traditional Peruvian fermented potatoes. *Foods* 2020;9:719.
7. Shekh SL, Boricha AA, Chavda JG, Vyas BRM. Probiotic potential of lyophilized *Lactobacillus plantarum* GP. *Ann Microbiol.* 2020;70:16.

8. Silva-Espinoza MA, Ayed C, Foster T, Camacho MDM, Martínez-Navarrete N. The impact of freeze-drying conditions on the physico-chemical properties and bioactive compounds of a freeze-dried orange puree. *Foods* 2019;9(1):32.
9. Han L, Shu X, Wang J. *Helicobacter pylori*-mediated oxidative stress and gastric diseases: A review. *Front Microbiol.* 2022;13:811258.
10. Hooi JKI, Lai WY, Ng WK, Suen MMY. Global prevalence of *Helicobacter pylori* infection: Systematic review and meta-analysis. *Gastroenterology* 2017;153:420-429.
11. Pareja Cruz A, Navarrete Mejía PJ, Parodi García JF. Seroprevalencia de infección por *Helicobacter pylori* en población adulta de Lima, Perú 2017. *Horiz Med.* 2017;17(2):55-58.
12. Tello Vitón CJ. Prevalencia de la gastritis por *Helicobacter pylori* en usuarios que accedieron al consultorio externo de gastroenterología del Hospital Regional virgen de Fátima, Chachapoyas, 2016. Jornada de Investigación en Medicina con Enfoque en Responsabilidad Social Universitaria 2019. Recuperado de: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1917> (Consultado el 03 de mayo de 2022).
13. Guevara Tirado A, Sanchez Gavidia JJ. Prevalencia de infección por *Helicobacter pylori* en pacientes con sintomatología gastrointestinal en un área urbana de Lima-Perú. *Revista Médica del Hospital Unanue de Tacna* 2021;14(02):27-31.

14. Brenner H, Rothenbacher D, Bode G, Adler G. Relation of smoking and alcohol and coffee consumption to active *Helicobacter pylori* infection: cross sectional study. *BMJ* 1997;315:1489-1492.
15. MINSA. Análisis de Situación de Salud 2014. Dirección de Salud II Lima Sur, 2014.
16. Agro-noticias. El Tocosh combate afecciones respiratorias, úlceras y gastritis. Revista para el desarrollo. 2020. Recuperado de: <https://agronoticias.pe/ultimas-noticias/el-tocosh-combate-afecciones-respiratorias-ulceras-y-gastritis/> (Consultado el 01 de mayo de 2022).
17. Mosso AL, Jiménez ME, Vignolo G, LeBlanc JG, Samman NC. Increasing the folate content of tuber-based foods using potentially probiotic lactic acid bacteria. *Food Res Int.* 2018;109:168-174.
18. Yopez A, Luz C, Meca G, Vignolo G, Mañes J, Aznar R. Biopreservation potential of lactic acid bacteria from Andean fermented food of vegetal origin. *Food Control* 2017;78:393-400.
19. Dahiya D, Nigam PS. The gut microbiota influenced by the intake of probiotics and functional foods with prebiotics can sustain wellness and alleviate certain ailments like gut-inflammation and colon-cancer. *Microorganisms* 2022;10:665.
20. Miyamoto-Shinohara Y, Sukenobe J, Imaizumi T, Nakahara T. Survival of freeze-dried bacteria. *J Gen Appl Microbiol.* 2008;54:9-24.
21. Takeuchi H, Trang VT, Morimoto N, Nishida Y, Matsumura Y, Sugiura T. Natural products and food components with anti-*Helicobacter pylori* activities. *World J Gastroenterol* 2014;20(27):8971-8978.

22. Yábar V, Emilio F, Reyes D, Vilma J. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del tocosh de papa (*Solanum tuberosum*) durante su elaboración. Prospect univ. 2017:31-36.
23. Sandoval MH, Tenorio J, Tinco A, Loli RA, Calderón S. Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh de *Solanum tuberosum* “papa” en la mucosa gástrica de animales de experimentación. An Fac med. 2015;76(1):15-20.
24. Enciso S, Medina J, Mauricio F, Mauricio-Vilchez C, Alvitez-Temoche D, Vilchez L, et al. Antibacterial effectiveness of four concentrations of the hydroalcoholic extract of *Solanum tuberosum* (Tocosh) against *Streptococcus mutans* ATCC 25175 TM: A comparative *in vitro* study. Int J Dent. 2020;220:8856382.
25. Escudero L, Álvarez P. Efecto gastroprotector del extracto acuoso del tocosh de *Solanum tuberosum* en úlceras gástricas en ratas albinas. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica, Universidad Inca Garcilaso de la Vega [Tesis Pre-grado], 2018.
26. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Recuperado de: [www.midagri.gob.pe](http://www.midagri.gob.pe). (Consultado el 21 de junio del 2022).  
[www.midagri.gob.pe](http://www.midagri.gob.pe)
27. Contreras S. La papa en el Perú. 2021. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Contreras-Liza/publication/351669809\\_La\\_papa\\_en\\_el\\_Peru/links/60a4687f92851cc66b770c7/La-papa-en-el-Peru.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Contreras-Liza/publication/351669809_La_papa_en_el_Peru/links/60a4687f92851cc66b770c7/La-papa-en-el-Peru.pdf). (Consultado el 21 de junio del 2022).
28. Bitter FAG. *Solanum brevicaulle* Bitter. Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis. 1942;11: 390.

29. McNeill W.H. How the potato changed the world's history. *Social Research*, 1999;66(1):67-83.
30. Martínez P, Vilcarrromero D, Pozo D, Peña F, Cervantes-Uc J.M, Uribe-Calderon J, Velezmoro C. Characterization of starches obtained from several native potato varieties grown in Cusco (Peru). *J Food Sci*. 2021;86(3):907-914.
31. Burlingame B, Mouillé B, Charrondière R. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *J Food Compos Anal*. 2009;22(6):494-502.
32. Skog K, Viklund G. Processing contaminants: Acrylamide, Editor(s): Yasmine Motarjemi, *Encyclopedia of Food Safety*, Academic Press, 2014.
33. Devaux A, Goffart J-P, Kromann P, Andrade-Piedra J, Polar V, Hareau G. The potato of the future: Opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Research*, 2021;64:681-720.
34. Reddy BJ, Mandal R, Chakroborty M, Hijam L, Dutta P. A review on potato (*Solanum tuberosum* L.) and its genetic diversity. *International Journal of Genetics*, 2018;10(2):360-364.
35. Genebank. Cultivated potato germplasm collection. Recuperado de: <https://cipotato.org/genebankcip/>. (Consultado el 09 de junio del 2022).
36. Padmanabhan P, Sullivan JA, Paliyath G. Potatoes and related crops, Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá, *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press, 2016, pp. 446-451.
37. Kuete V. Physical, hematological, and histopathological signs of toxicity induced by African medicinal plants, Editor(s): Victor Kuete, *Toxicological Survey of African Medicinal Plants*, Elsevier, 2014, pp. 635-657.

38. Biswas S, Barma S. A large-scale optical microscopy image dataset of potato tuber for deep learning-based plant cell assessment. *Sci Data* 2020;7:371 (2020).
39. Atlas big. World Potato Production by Country. Recuperado de: <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-potato-production>. (Consultado el 09 de junio del 2022).
40. Ministerio de Agricultura y Riego. Análisis de mercado. Papa: sierra y selva exportadora. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368947-analisis-de-mercado-papa-2020>. (Consultado el 21 de junio del 2022).
41. Pertuz A. Biopolímeros a base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para uso de la industria alimentaria en Colombia. 2021. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41710/adpertuzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
42. Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro de Información y Documentación Científica del INS-MINSA. 2018. Recuperado de: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. (Consultado el 09 de junio del 2022).
43. Akyol H, Riciputi Y, Capanoglu E, Fiorenza Caboni M, Verardo V. Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview. *International Journal of Molecular Science*, 2016;17:835.
44. NTP 011.809. Papa y derivados. Buenas prácticas de procesamiento artesanal de tocosh de papa. R.D. N° 032-2019-INACAL/DN. 2019.

45. De Moreno de LeBlanc A, Todorov SD, Vignolo G, Savoy de Giori G, LeBlanc JG. Indigenous fermented foods of Latin America. In Microorganisms and fermentation of traditional foods, CRC Press, 2014, pp. 312-340.
46. Zúñiga R, Gutiérrez E. Producción de pan a partir de tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L.) para el mercado nacional. Gnosis 2016;4(2):115-129.
47. Bellido Ríos DA, Juárez Povis JA, Solari Rengifo CA, Reynoso Fonseca JR. Producción y comercialización de queques a base de tocosh. Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.
48. Coronel Davila CF, Santa Cruz Castro J. Propuesta de un plan de negocio para la comercialización de productos naturales sobre la base de tocosh de papa andina Chiclayo 2018. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020.
49. Kivanc M, Funda EGA Functional food: A traditional tarhana fermentation. Food Sci Technol. (Campinas) 2017;32(2).
50. Mercado L. Evaluación de la fermentación y del secado en la elaboración del tocosh fresco y harina de tocosh. 2020. Recuperado de: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7041/T010\\_47944439\\_T.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7041/T010_47944439_T.pdf?sequence=1) Consultado el 21 de junio del 2022.
51. Nout MJR. Food Technologies: Fermentation, Editor(s): Yasmine Motarjemi, Encyclopedia of Food Safety, Academic Press, 2014, 168-177.
52. Aregbe AY, Mu T, Sun H. Effect of different pretreatment on the microbial diversity of fermented potato revealed by high-throughput sequencing. Food Chem. 2019;290:125-134.

53. Mathur H, Beresford TP, Cotter PD. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates. *Nutrients* 2020;12(6):1679.
54. Paéz R, Lavari L, Vinderola G, Audero G, Cuatrin A, Zaritzky N, Reinheimer J. Effect of heat treatment and spray drying on lactobacilli viability and resistance to simulated gastrointestinal digestion. *Food Res Int.* 2012;48:748-754.
55. Zheng P-X, Fang H-Y, Yang H-B, Tien N-Y, Wang M-N, Jiunn-Jong Wu. *Lactobacillus pentosus* strain LPS16 produces lactic acid, inhibiting multidrug-resistant *Helicobacter pylori*. *J Microbiol Immunol Infect.* 2016;49:168-174.
56. Ray RC, Montet DD. *Microorganisms and fermentation of traditional foods.* Taylor & Francis Group, LLC, 2015.
57. Ganesam K, Xu B. A critical review on polyphenols and health benefits of black soybeans. *Nutrients* 2017;9:455.
58. Universidad de Granada. Secado por liofilización. Recuperado de: <https://fciencias.ugr.es/20-cursos/semana-de-las-ciencias/473-36-liofilizacion-secado-invisible>. Consultado el 21 de junio del 2022.
59. Klepzig LS, Juckers A, Knorr P, Harms F, Strube J. Digital twin for lyophilization by process modeling in manufacturing of biologics. *Processes* 2020;8:1325.
60. Taskin O. Evaluation of freeze drying for whole, half cut and puree black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). *Heat and Mass Transfer* 2020;56:2503-2513.

61. Nowak D, Jakubczyk E. The freeze-drying of foods—The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods* 2020;9:1488.
62. McHugh, T. (2018). Freeze-drying fundamentals. *Food Technology*, 72, 2.
63. Martínez R. Influencia de la matriz en la estabilidad de la vitamina C durante la liofilización del subproducto obtenido de la extracción del jugo de naranja. 2020. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150125/Mart%C3%ADnez%20-%20Influencia%20de%20la%20matriz%20en%20la%20estabilidad%20de%20la%20VC%20durante%20la%20liofilizaci%C3%B3n%20del%20subpro...pdf?sequence=1>. Consultado el 18 de julio del 2022.
64. Huang S, Vignolles M-L, Chen XD, Loir YL, Jan G, Schuck P, Jeantet R. Spray drying of probiotics and other food-grade bacteria: A review. *Trends in Food Science & Technology* 2017;63:1-17.
65. Guerra J. Liofilización y caracterización de pulpa de *Annona muricata* (guanábana). 2021. Recuperado de <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4181/FIAI%20-%20Jaime%20Guerra%20Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 08 de julio del 2022.
66. Fabbri ADT, Crosby GA. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 2016;3:2-11.

67. Lee S, Choi Y, Jeong HS, Lee J, Sung J. Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Sci Biotechnol.* 2018;27:333-342.
68. Faller ALK, Fialho E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Res Int.* 2009;42(1):210-215.
69. Fang H, Yin X, He J, Xin S, Zhang H, Ye X, Yang Y, Tian J. Cooking methods affected the phytochemicals and antioxidant activities of potato from different varieties. *Food Chemistry: X* 2022;14:100339.
70. Frank J, Fukagawa NK, Bilia AR, Johnson EJ, Kwon O, Prakash V, Miyazawa T, Clifford MN, Kay CD, Crozier A, Erdman JW, Shao A, Williamson G. Terms and nomenclature used for plant-derived components in nutrition and related research: efforts toward harmonization. *Nutr Rev.* 2020;78(6):451-458.
71. Fraga CG, Croft KD, Kennedye DO, Tomás-Barberán FA. The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food Funct.* 2019;10:514-528.
72. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. Mexico D.F., McGraw-Hill Education, 2014.
73. Chen PY, Krauss AD. Experiments, psychology, Editor(s): Kimberly Kempf-Leonard, *Encyclopedia of Social Measurement*, Elsevier, 2005, pp. 911-918.
74. Latimer G.W. *Official Methods of Analysis of AOAC International: Method 920.152.* cap. 37, ed. 19. Protein in fruit products, 21st Edgaitersburg;

- Association of Official Analytical Chemist: Rockville, MD, USA, 2019.
75. Lourenço SO, Barbarino E, De-Paula JC, Pereira LOS, Lanfer Marquez UM. Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. *Phycological Research* 2002;50:233-241.
76. Latimer G.W. Official Methods of Analysis of AOAC International: Method 983.23. cap. 45, ed. 19. Fat in foods, 21st Edgathersburg; Association of Official Analytical Chemist: Rockville, MD, USA, 2019.
77. Latimer G.W. Official Methods of Analysis of AOAC International: Method 940.26. cap. 37, ed. 19. Ash of fruits and fruits products, 21st Edgathersburg; Association of Official Analytical Chemist: Rockville, MD, USA, 2019.
78. Latimer G.W. Official Methods of Analysis of AOAC International: Method 934.06. cap. 37, ed. 19. Moisture of fruits and fruits products and dried fruit, 21st Edgathersburg; Association of Official Analytical Chemist: Rockville, MD, USA, 2019.
79. FAO. FAO Food and Nutrition paper 77. In Food Energy - Methods of Anlysis and Conversion Factors; FAO: Rome, Italy, 2003.
80. Cömert ED, Gökmen V. Antioxidants bound to an insoluble food matrix: Their analysis, regeneration behavior, and physiological importance. *Compr Rev Food Sci.* 2017;16:382-399.

81. Makori SI, Mu T-H, Sun H-N. Total polyphenol content, antioxidant activity, and individual phenolic composition of different edible parts of 4 sweet potato cultivars. *Natural Product Communications* 2020;15(7):1-12.
82. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 1995;28(1):25-30.
83. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 1999;26:1231-1237.
84. Salfinger Y, Tortorello ML. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. American Public Health Association 15th; Washington DC, USA, 2015.
85. Salehi F. Physico-chemical properties of fruit and vegetable juices as affected by pulsed electric field: a review. *International Journal of Food Properties* 2020;23(1):1036-1050.
86. Nowak D, Jakubczyk E. The freeze-drying of foods—the characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods* 2020;9(10):1488.
87. Schmidt SJ, Fontana AJ. Water activity values of select food ingredients and products. *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, 2020.
88. Feltran JC, Borges Lemos L, Lopes Vieites. Technological quality and utilization of potato tubers. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 2004;61(6):598-603.

89. Rooban R, Shanmugam M, Venkatesan T, Tamilmani C. Physiochemical changes during different stages of fruit ripening of climacteric fruit of mango (*Mangifera indica* L.) and non-climacteric of fruit cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Applied and Advanced Research* 2016;1(2):53-58.
90. Vilca Renojo L. Evaluación de la concentración de penicillium en el tocosh de papa (*Solanum tuberosum* L) de la variedad yungay en diferentes tiempos de fermentación. Universidad Nacional de Huancavelica, 2014.
91. Swain MR, Anandharaj M, Ray RC, Rani RP. Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. *Biotechnology Research International* 2014:2014:250424.
92. Behera SS, Kumar A. Biotransformation of root and tuber crops by lactic acid bacteria into value-added bio-commodities. *Lactic Acid Bacteria in Food Biotechnology. Innovations and Functional Aspects Applied Biotechnology Reviews* 2022:63-86.
93. Camire ME, Kubow S, Donnelly DJ. Potatoes and human health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2009;49(10):823-840.
94. De Haan S, Burgos G, Liria R, Rodriguez F, Creed-Kanashiro HM, Bonierbale M. The nutritional contribution of potato varietal diversity in Andean food systems: A case study. *American Journal of Potato Research* 2019;96:151-163.
95. Roy I, Gupta MN. Freeze-drying of proteins: some emerging concerns. *Biotechnol Appl Biochem.* 2004;39:165-177.
96. Ramadan MF, Oraby HF. Fatty acids and bioactive lipids of potato cultivars: An overview. *Journal of Oleo Science* 2016;65:459-570.

97. Navarre DA, Goyer A, Shakya R. Nutritional value of potatoes: vitamin, phytonutrient, and mineral content. *Advances in Potato Chemistry and Technology*, Academic Press 2009;395-424.
98. Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. Protection of Foods by Drying. In: *Modern Food Microbiology*. Food Science Text Series. Springer, Boston, 2005.
99. Bellumori M, Chasquibol Silva NA, Vilca L, Andrenelli L, Cecchi L, Innocenti M, Balli D, Mulinacci N. A study on the biodiversity of pigmented Andean potatoes: Nutritional profile and phenolic composition. *Molecules* 2020;25(14):3169.
100. Vera Zambrano M, Dutta B, Mercer DG, MacLean HL, Touchie MF. Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 2019;88:484-496.
101. Zeeman SC, Kossmann J, Smith AM. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. *Annu Rev Plant Biol.* 2010;61:209-34.
102. Sreeramulu D, Raghunath M. Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Research International* 2010;43:1017-1020.
103. Coetzer C, Corsini d, Love S, Pavek J, Tumer N. Control of enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum* L.) by sense and antisense RNA from tomato polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001;49(2):652-657.

104. Lemos MA, Aliyu MM, Hungerford G. Influence of cooking on the levels of bioactive compounds in purple Majesty potato observed via chemical and spectroscopic means. *Food Chemistry* 2015;173:462-467.
105. Singh B, Barwal S, Raigond P, Sharma R, Joshi A. Assessment of phytochemical diversity in Indian potato cultivars. *Indian Journal Hortic.* 2015;72:447-450.
106. Giusti MM, Polit MF, Ayvaz H, Tay D, Manrique I. Characterization and quantitation of anthocyanins and other phenolics in native Andean potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014;62:4408-4416.
107. Perla V, Holm DG, Jayanty SS. Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT-Food Science and Technology* 2015;45:161-171.
108. Kim J, Soh SY, Bae H, Nam S-Y. Antioxidant and phenolic contents in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and micropropagated potatoes. *Applied Biological Chemistry* 2019;62:17.
109. Eseberri I, Trepiana J, Léniz A, Gómez-García I, Carr-Ugarte H, González M, Portillo MP. Variability in the beneficial effects of phenolic compounds: A review. *Nutrients* 2022;14(9):1925.
110. Lin C-Z, Zhu C-C, Hu M, Wu A-Z, Bairu Z-D, Kangsa S-Q. Structure-activity relationships of antioxidant activity in vitro about flavonoids isolated from *Pyrethrum tatsienense*. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology* 2014;3(3):123-127.
111. Hano C, Tungmunnithum D. Plant polyphenols, more than just simple natural antioxidants: Oxidative stress, aging and age-related diseases. *Medicines* 2020;7:26.

112. Shekh SL, Boricha AA, Chavda JG, Vyas BRM. Probiotic potential of lyophilized *Lactobacillus plantarum* GP. *Annals of Microbiology* 2020;70:16.
113. Abdelazez A, Abdelmotaal H, Zhu Z-T, Fang-Fang J, Sami R, Zhang L-J, Al-Tawaha AR, Meng X-C. Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. *Advances in Environmental Biology* 2018;12(1):16-27.
114. World Health Organization. Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2006.
115. EINaker NA, Daou M, Ochsenkühn MA. A metabolomics approach to evaluate the effect of lyophilization versus oven drying on the chemical composition of plant extracts. *Science Report* 2021;11:22679.
116. Castañeda-Saucedo MC, Valdés-Miramontes EH, Tapia-Campos E, Delgado-Alvarado A, Bernardino-García AC, Rodríguez-Ramírez MR, Ramirez-Anaya JP. Efecto del liofilizado y del proceso de producción en la composición química y el perfil de ácidos grasos de la pulpa de aguacate. *Revista Chilena de Nutrición* 2014;41:404-411.
117. Decagon Devices. Aqualab: Water Activity Meter. Operator's Manual for Series 4, 4TE, 4TEV, DUO, and TEV DUO, 2014.
118. Vidal-Tovar CR, Cadavid-Osorio CA, Angulo-Blanquicet GE, Severiche-Sierra CA. Obtaining a sugar syrup from the use of the extract of the guácimo fruit (*Guazuma ulmifolia* lam). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 2020;844:012004.
119. Sadler GD, Murphy PA. pH and Titratable Acidity. *Food Analysis*. Springer Science+Business Media, LLC, 2010.

120. Md Noh MF, Gunasegavan RD, Mustafa Khalid N, Balasubramaniam V, Mustar S, Abd Rashed A. Recent techniques in nutrient analysis for food composition database. *Molecules* 2020;25(19):4567.
121. Hii CL, Tan CH, Woo MW. Special issue “Recent advances in thermal food processing technologies”. *Processes* 2023;11(1):288.





# **APÉNDICES**

## Apéndice 01

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de proteínas totales en Base Seca (Tratamiento natural)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	2.5870	1.2935	249.2	1.68e-06	***
Residuales	6	0.0311	0.0052			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.1025	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.2251	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-0.96498	-1.14548	-0.78447	0.0000076	
Walsh-Blanca		0.28895	0.10845	0.46946	0.0064118	
Walsh-Galleta		1.25393	1.07343	1.43444	0.0000017	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de proteínas totales en Base Seca (Tratamiento cocido)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	3.312	1.6560	36.19	0.000449	***
Residuales	6	0.275	0.0458			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.2256	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.2905	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-1.41391	-1.94982	-0.87801	0.0004671	
Walsh-Blanca		-0.31121	-0.84712	0.22468	0.2533785	
Walsh-Galleta		1.10270	0.56679	1.63860	0.0017906	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de proteínas totales en Base Seca (Tratamiento liofilizado)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.29746	0.14873	328.8	7.39e-07	***
Residuales	6	0.00271	0.00045			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.4665	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.8817	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		0.44374	0.39046	0.49703	8.00e-07	
Walsh-Blanca		0.25418	0.20089	0.30746	1.54e-05	
Walsh-Galleta		-0.18956	-0.24285	-0.13628	8.65e-05	

## Apéndice 02

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de lípidos totales en Base Seca (Tratamiento natural)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.016815	0.008407	32.84	0.000586	***
Residuales	6	0.001536	0.000256			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.1883	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.9718	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-0.075035	-0.11511	-0.03495	0.0029280	
Walsh-Blanca		-0.102205	-0.14228	-0.06212	0.0005638	
Walsh-Galleta		-0.027170	-0.06725	0.01291	0.1744195	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de lípidos totales en Base Seca (Tratamiento cocido)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.12000	0.06000	15.76	0.00409	**
Residuales	6	0.02284	0.00381			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.2236	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.861	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		0.17922	0.02466	0.33379	0.0277435	
Walsh-Blanca		-0.09987	-0.25443	0.05468	0.1972131	
Walsh-Galleta		-0.27910	-0.43366	-0.12454	0.0035189	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de lípidos totales en Base Seca (Tratamiento liofilizado)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.000275	1.37e-04	1.52	0.292	ns
Residuales	6	0.000542	9.04e-05			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.2457	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.8641	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		0.013420	-0.01040	0.037248	0.2706327	
Walsh-Blanca		0.008269	-0.01555	0.032096	0.5675110	
Walsh-Galleta		-0.005151	-0.02897	0.018676	0.7921331	

## Apéndice 03

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de cenizas totales en Base Seca (Tratamiento natural)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.8887	0.4444	30.47	0.00072	***
Residuales	6	0.0875	0.0146			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.3893	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.3642	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-0.7693568	-1.07187	-0.46683	0.0005720	
Walash-Blanca		-0.3640389	-0.66655	-0.06151	0.0237303	
Walash-Galleta		0.4053179	0.10279	0.70783	0.0148056	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de cenizas totales en Base Seca (Tratamiento cocido)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	12.10	6.052	12.02	0.00796	**
Residuales	6	3.02	0.503			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.842	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.5589	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-2.75039	-4.52768	-0.97310	0.0075549	
Walash-Blanca		-1.99024	-3.76753	-0.21295	0.0320429	
Walash-Galleta		0.76015	-1.01714	2.53744	0.4394128	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de cenizas totales en Base Seca (Tratamiento liofilizado)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	0.16797	0.08398	28.43	0.00087	***
Residuales	6	0.01772	0.00295			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.5346	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.8181	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		-0.28550	-0.42166	-0.14933	0.0016212	
Walash-Blanca		0.00841	-0.12774	0.14457	0.9804408	
Walash-Galleta		0.29391	0.15775	0.43007	0.0013897	

## Apéndice 04

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de carbohidratos totales en Base Seca (Tratamiento natural)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	5.961	2.9806	361.6	5.57e-07	***
Residuales	6	0.049	0.0082			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.4008	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.6741	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		1.80712	1.57967	2.03458	0.0000009	
Walash-Blanca		0.17462	-0.05282	0.40208	0.1227233	
Walash-Galleta		-1.63250	-1.85995	-1.40504	0.0000015	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de carbohidratos totales en Base Seca (Tratamiento cocido)*

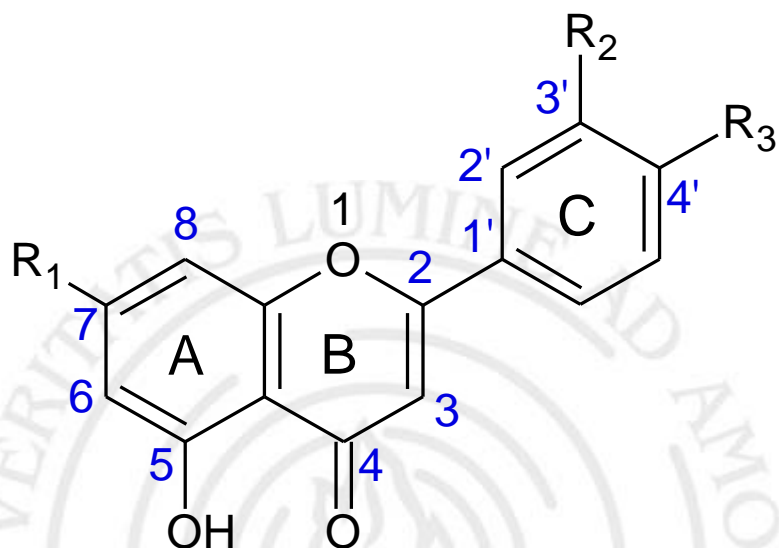
Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	9.98	4.989	0.319	0.738	ns
Residuales	6	93.73	15.622			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.6513	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.6282	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		1.98598	-7.91574	11.88772	0.8173724	
Walash-Blanca		2.41821	-7.48351	12.31995	0.7451084	
Walash-Galleta		0.43223	-9.46950	10.33397	0.9901750	

### *ANOVA para tocosh de papa Walsh, Blanca y Galleta. Contenido de carbohidratos totales en Base Seca (Tratamiento liofilizado)*

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Valor de p	Sig.
Muestras	2	2.2417	1.1208	103.8	2.22e-05	***
Residuales	6	0.0648	0.0108			
Prueba de normalidad de Anderson-Darling					0.05166	
Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza					0.9448	
Comparaciones múltiples de medias de Tukey						
Muestra		Diferencia	Inferior	Superior		
Galleta-Blanca		1.07104	0.81071	1.33137	0.0000373	
Walash-Blanca		1.04590	0.78557	1.30624	0.0000429	
Walash-Galleta		-0.02513	-0.28546	0.23519	0.9531399	

## Apéndice 5

Clase común de flavonoide y compuestos representativos con sustituciones del grupo R indicadas.



Nota. Estructura química de flavonoide diagramada en ChemSketch ([https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch\\_modal](https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/#chemsketch_modal)).

Apéndice 6

*Tocosh natural*



Tocosh de papa Walsh



Tocosh de papa Blanca



Tocosh de papa Galleta

Apéndice 7

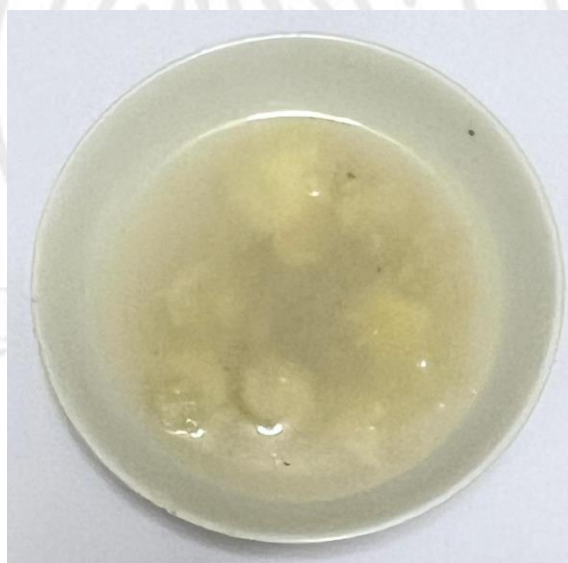
*Tocosh cocido*



Tocosh de papa Walsh



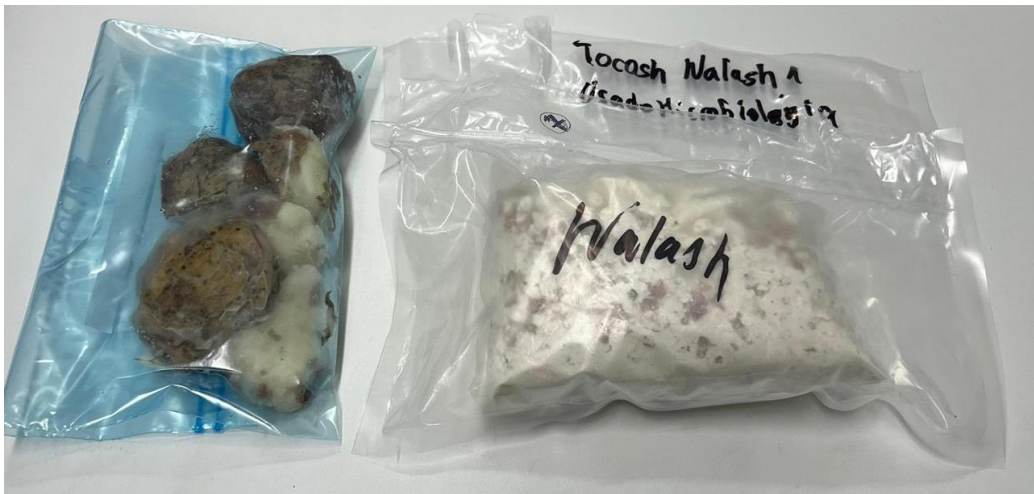
Tocosh de papa Blanca



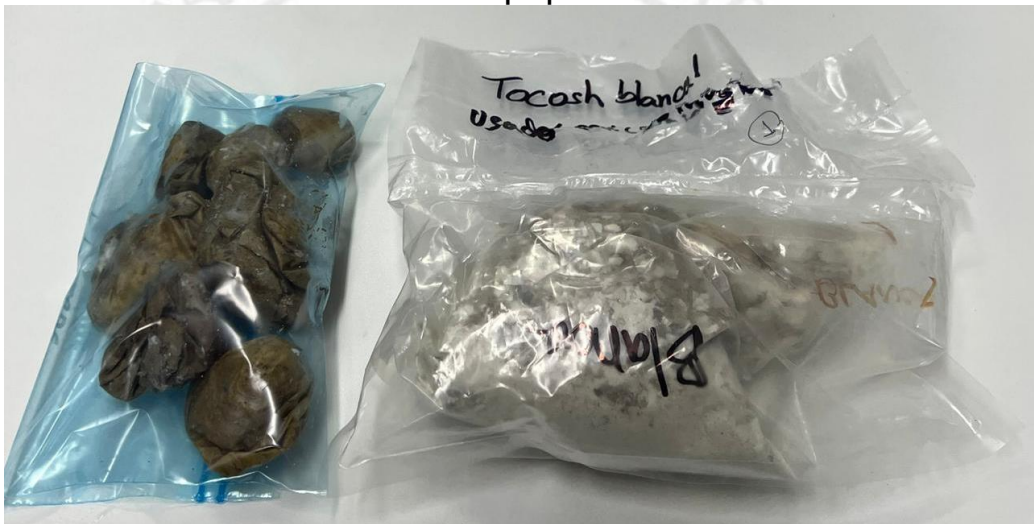
Tocosh de papa Galleta

Apéndice 8

Tocosh liofilizado



Tocosh de papa Walash



Tocosh de papa Blanca



Tocosh de papa Galleta