ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DEL LIOFILIZADO DE LA PULPA DE JACKFRUIT (*Artocarpus heterophyllus lam*).

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: ELIAN GEOVANNY ASANZA ROMERO

DIRECTOR: Bqf. JOHN MARCOS QUISPILLO MOYOTA MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

©2024, Elian Geovanny Asanza Romero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Elian Geovanny Asanza Romero, declaro que el presente Trabajo de Integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de Junio del 2024

Elian Geovanny Asanza Romero

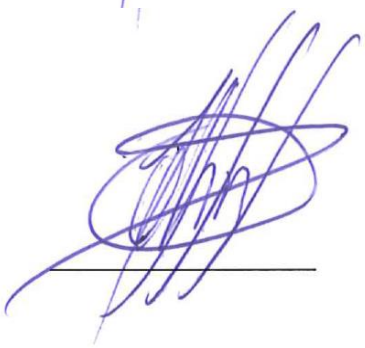
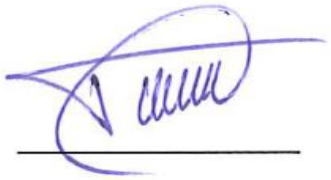
CI: 070633872-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DEL LIOFILIZADO DE LA PULPA DE JACKFRUIT (*Artocarpus heterophyllus lam*)**, realizado por el señor: **ELIAN GEOVANNY ASANZA ROMERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular , el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	**FECHA**
Ing. Edwin Roberto Naranjo Silva, Msc. **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**		2024-06-04
BQF. John Marcos Quispillo Moyota, MSc. **DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**		2024-06-04
BQF. Valeria Isabel Rodríguez Vinueza, MSc. **ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**		2024-06-04

DEDICATORIA

Con fraterno amor le dedico de manera especial a Dios, a la virgen María y a los Arcángeles por haberme dado sabiduría y protección para poder cumplir cada una de mis metas y poder servir a mi patria querida, mi patria grande. A mis padres Carmen Romero y Manuel Ordoñez quienes con mucho sacrificio me apoyaron a lo largo del camino, gracias a ustedes he podido cumplir con otra meta más en mi vida. A mi hermana Marianela Asanza por siempre brindarme muestras de cariño y apoyo y sobre todo por siempre confiar en mí. A mis dos hermanitas que no pudieron estar presentes en este triunfo, pero desde el cielo estoy seguro de que se sienten orgullosas de su hermano.

Elian

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a la virgen María y a los Arcángeles por haberme dado sabiduría y protección a lo largo de este recorrido. A mis padres por su apoyo y sacrificio, A Adolfo Casares que debe estar gozando en el cielo al lado de Dios, le agradezco a él por brindarme consejos muy valiosos en la cual me han servido de mucho para este triunfo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la cual tuve el gran honor de prepárame y adquirir conocimientos impartidos por excelentes docentes a lo largo de mi carrera. De manera especial a mi tutor, BQF. John Quispillo por su ayuda en la realización del presente trabajo de titulación.

Elian

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....xi
ÍNDICE DE FIGURAS..... xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS..... xiii
ÍNDICE DE ANEXOS xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS xv
RESUMEN..... xvi
ABSTRACT xvii
INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA..... 2
1.1. Planteamiento del problema..... 2
1.2. Justificación 3
1.2.1. *Justificación Teórica* 3
1.2.2. *Justificación Metodológica* 3
1.2.3. *Justificación Práctica*..... 4
1.3. Objetivos 5
1.3.1. Objetivo general 5
1.3.2. Objetivos específicos 5

CAPITULO II

2. MARCO TÉORICO 6
2.1. Referencias teóricas..... 6
2.1.1. *Jackfruit (Artocarpus heterophyllus lam)* 6
2.1.2. *Origen* 6
2.1.3. *Taxonomía* 7

2.1.4. ***Valor Nutricional*** 7

2.1.5. ***Liofilización*** 8

2.1.5.1. *Etapas del proceso de liofilización* 8

2.1.5.2. *Partes esenciales del equipo de liofilización* 8

2.1.6. ***Métodos para la determinación de polifenoles totales*** 9

2.1.6.1. *Método de Folin-Ciocalteu* 9

2.1.6.2. *Método de Price y Butler* 9

2.1.7. ***Tamizaje Fitoquímico*** 9

2.1.8. ***Polifenoles*** 10

2.1.9. ***Antioxidantes*** 11

2.1.10. ***Radicales libres*** 11

2.1.11. ***Métodos para la determinación de la actividad antioxidante*** 12

2.1.11.1. *Método ORAC* 12

2.1.11.2. *Método DPPH* 12

2.1.11.3. *Método ABTS* 13

2.1.11.4. *Método FRAP* 13

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGIO 15

3.1. Lugar de investigación 15

3.2. Tipo, Diseño y enfoque de la investigación 15

3.3. Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo 15

3.3.1. Criterios de inclusión 15

3.3.2. Criterios de exclusión 15

3.4. Variables 16

3.4.1. Variable independiente 16

3.4.2. Variable dependiente 16

3.5. Hipótesis 16

3.6. Materiales, equipos y reactivos 16

3.7. Técnicas y métodos 17

3.7.1. Recolección del fruto Artocarpus heterophyllus lam. 17

3.7.2. Liofilización 18

3.7.3. Control de calidad del producto fresco y liofilizado 18

3.7.3.1. Humedad 18

3.7.3.2. Cenizas 19

3.7.3.3. pH.... 19

3.7.3.4. Acidez titulable 19

3.7.3.5. Sólidos solubles 20

3.7.4. Obtención de los extractos 20

3.7.5. Tamizaje fitoquímico 20

3.7.5.1. Ensayo de catequinas. 20

3.7.5.2. Ensayo de resinas 20

3.7.5.3. Ensayo de dragendorff 21

3.7.5.4. Ensayo de Wagner 21

3.7.5.5. *Mayer* 21

3.7.5.6. *Ensayo de Fehling.* 21

3.7.5.7. Ensayos Liebermann-Burchard. 21

3.7.5.8. Ensayo de Baljet. 22

3.7.5.9. Ensayo de la Espuma. 22

3.7.5.10. Ensayo de Shinoda. 22

3.7.5.11. Ensayo de Cloruro Férrico. 23

3.7.6. Determinación de Polifenoles utilizando el método de Folin-Ciocalteu 23

3.7.7. Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH 23

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 26

4.1. Liofilizado de la pulpa de Jackfruit *(Artocarpus heterophyllus lam*). 26

4.2. Análisis exploratorio de datos para la caracterización fisicoquímica de pulpa fresca y liofilizada..... 26

4.3. Caracterización organolépticas y fisicoquímicas de pulpa fresca y liofilizada de *Artocarpus heterophyllus lam.*..... 28

4.4. Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólicos e hidroalcohólicos. 31

4.5. Determinación de la concentración de polifenoles totales. 32

4.6. Determinación de la actividad antioxidante in vitro de pulpa fresca y liofilizada.....35

CAPITILO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39

5.1. Conclusiones 39

5.2. Recomendaciones 39

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Descripción taxonómica de *Artocarpus heterophyllus lam* 7

Tabla 2-2: Valor nutricional de *Artocarpus heterophyllus lam.* 7

Tabla 2-3: Ensayos del tamizaje fitoquímico 10

Tabla 2-4: Clasificación de los compuestos polifenólicos 10

Tabla 3-1: Materiales, Equipos y Reactivos..... 16

Tabla 4-1: Rendimiento de la pulpa liofilizada. 26

Tabla 4-2: Análisis exploratorio de datos para pulpa fresca 27

Tabla 4-3: Análisis exploratorio de datos para pulpa liofilizada. 27

Tabla 4-4: Características organolépticas de pulpa fresca y liofilizada. 28

Tabla 4-5: Características fisicoquímicas de la pulpa fresca y liofilizada..... 28

Tabla 4-6: Análisis estadístico de medias del Test de Tukey..... 30

Tabla 4-7: Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólicos e hidroalcohólicos de pulpa fresca y liofilizada.....31

Tabla 4-8: Determinación de la concentración de polifenoles de los extractos hidroalcohólicos y alcohólicos de la pulpa fresca y liofilizada.....33

Tabla 4-9: Evaluación de la actividad antioxidante de pulpa fresca y liofilizada al inicio y durante un periodo de conservación.....35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: *Artocarpus heterophyllus lam.* 6

Figura 2-2: Mecanismo de acción de ensayo ORAC 12

Figura 2-3: Reacción entre el DPPH y un antioxidante 13

Figura 2-4: Mecanismo de reacción del ABTS 13

Figura 2-5: Principio químico del método FRAP. 14

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1: Grafico de medias de la pulpa fresca..... 33

Gráfico 4-2: Grafico de medias de la pulpa liofilizada..... 33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DESPULPADO DE FRUTA *Artocarpus heterophyllus lam.*

ANEXO B: LIOFILIZACIÓN DE LA PULPA.

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL LIOFILIZADO DE LA PULPA DE JACKFRUIT.

ANEXO D: CONTROL DE CALIDAD DE LA PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA.

ANEXO E: ANÁLISIS FISICOQUÍMICAS DE LA PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA.

ANEXO F: OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS DE PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA.

ANEXO G: TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA.

ANEXO H: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES.

ANEXO I: CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO GÁLICO.

ANEXO J: CONSERVACIÓN DE LA PULPA LIOFILIZADA.

ANEXO K: DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO.

ANEXO L: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Eq.AG	Equivalente a ácido gálico
µmol ET	Micromol equivalente a trolox
mcg	Microgramo
mg	Miligramo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ECNT	Enfermedad crónica no transmisible
°C	Grados Celsius
Kg	Kilogramo
nm	Nanómetro
mbar	Milibar
Rpm	Revoluciones por minuto
mL	Mililitro
uL	Microlitro
N	Normalidad
t	Tiempo

RESUMEN

La masiva oxidación de las biomoléculas del organismo humano conduce a la generación de daños en el mismo y por ende a un exceso de radicales libres que dan lugar a enfermedades degenerativas, por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antioxidante in vitro del liofilizado de la pulpa de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus lam).* Se liofilizó la pulpa con la finalidad de conservar sus propiedades fisicoquímicas, posterior a ello se realizaron análisis de pulpa fresca y liofilizada para corroborar si se mantuvieron sus propiedades fisicoquímicas, se realizaron extracciones hidroalcohólicas y alcohólica para ejecutar un tamizaje fitoquímico y obtener un indicio de la presencia o ausencia de metabolitos de interés, luego se aplicó el método de folin ciocalteu para determinar los polifenoles totales tanto de pulpa fresca como liofilizada, a los extractos de mayor concentración de polifenoles se les evaluó la actividad antioxidante por el método de DPPH al inicio y al final de un periodo de conservación para verificar si la actividad antioxidante se mantiene. Los extractos hidroalcohólicos al 25% de pulpa fresca y liofilizada obtuvieron la mayor concentración de polifenoles 394,62 mg Eq.AG/ 100g y 308,8 mg Eq.AG/ 100g respectivamente. La concentración de la actividad antioxidante en la pulpa liofilizada al primer día fue 329,00 µmol ET/L, mientras que en la pulpa fresca 174,53 µmol ET/L, durante la conservación mantuvo mayor poder antioxidante la pulpa liofilizada respecto a la pulpa fresca, por lo tanto, a pesar de existir pérdida de polifenoles en el liofilizado se atribuye a la existencia de otros antioxidantes exógenos que mantuvieron y mejoraron dicha actividad en la pulpa liofilizada, con esto se demuestra que la pulpa de la fruta posee actividad antioxidante y puede ser considerada para dar un valor agregado a un producto en la industria.

Palabras clave: <ESTRÉS OXIDATIVO**>,** < ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE>, <POLIFENOLES>, < JACKFRUIT (*Artocarpus Heterophyllus Lam*), <LIOFILIZACIÓN>

0722-DBRA-UT-2024

ABSTRACT

The main objective of this research study was to focus on the massive oxidation of biomolecules in the human organism leads to the generation of damage and therefore to an excess of free radicals that give rise to degenerative diseases. Therefore, the research focus on the evaluation of the in vitro antioxidant activity of freeze-dried jackfruit pulp (*Artocarpus heterophyllus lam).* The pulp was freeze-dried in order to preserve its physicochemical properties, after which fresh and freeze-dried pulp were analyzed to corroborate whether its physicochemical properties were maintained, hydroalcoholic and alcoholic extractions were carried out to perform a phytochemical screening and to obtain an indication of the presence or absence of metabolites of interest, Then the folin ciocalteu method was applied to determine the total polyphenols of both fresh and freezedried pulp. The extracts with the highest concentration of polyphenols were evaluated for antioxidant activity by the DPPH method at the beginning and end of a period of conservation to verify if the antioxidant activity was maintained. The 25% hydroalcoholic extracts of fresh and freeze-dried pulp obtained the highest concentration of polyphenols 394.62 mg AGE/ 100g and 308.8 mg AGE/ 100g, respectively. The concentration of antioxidant activity in the freeze-dried pulp on the first day was 329.00 µmol ET/L, while in the fresh pulp it was 174.53 µmol ET/L. During storage, the freeze-dried pulp maintained greater antioxidant power than the fresh pulp, therefore, despite the loss of polyphenols in the freeze-dried pulp, this is attributed to the existence of other exogenous antioxidants that maintained and improved this activity in the freeze-dried pulp, thus demonstrating that the fruit pulp has antioxidant activity and can be considered to give added value to a product in the industry.

Keywords: <OXIDATIVE STRESS>, <ANTI-OXIDANT ACTIVITY>, <POLYPHENOLS>, <JACKFRUIT (*Artocarpus Heterophyllus Lam*), <LYOPHILIZATION>.

Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

C.I 0603239070

INTRODUCCIÓN

Los alimentos, dentro de las grandes funciones que estos poseen, tienen la característica de proteger estructuras ante la formación de radicales libres (RL), una fuente rica de antioxidantes ayuda a prevenir, paliar o frenar el envejecimiento acelerado, hipertensión, diabetes, cáncer, entre otras enfermedades crónicas (Vilaplana, 2007 p. 79).

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus lam*) también conocida como "Jaca" o "yaca" es una fruta originaria del sur de Asia que se encuentra distribuida por algunos países del mundo, entre ellos Ecuador y se extiende por el noroccidente de pichincha, la costa y el oriente (Ramos, et al., 2019).

La jackfruit se caracteriza por tener un tamaño grande, en el Ecuador, una de ellas puede llegar a pesar de 10-20 kg y está óptima para el consumo cuando la corteza adquiere un color marrón amarilla, existe un consumo escaso por el desconocimiento de la existencia de la fruta, o bien, no conocen las propiedades benéficas que esta posee.

La Liofilización es un método de deshidratación o secado en frio cuya finalidad es extraer el agua del producto mediante sublimación pasando de estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado, liquido, es una técnica ampliamente utilizada en la industria para la conservación de diferentes productos a largo plazo (Navas, 2006 p. 1).

La investigación busca identificar fuentes exógenas de antioxidantes, en este caso, evaluar la antioxidante de jackfruit adoptando un tipo de mantenimiento especial como es la liofilización a fin de implementar bases para posteriores investigaciones enfocadas en la elaboración de productos para evitar enfermedades ocasionadas por el estrés oxidativo.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) a nivel mundial tienen un índice de mortalidad anual del 74%, se ha evidenciado que anualmente dichas enfermedades cobran la vida de 17 millones personas antes de los 70 años de los cuales el 86% de muertes corresponden a países de bajos y medianos ingresos. Aquellas personas que son sedentarias, el consumo de alcohol y dietas que no son saludables son una consecuencia de aumentar el riesgo de morir por una ECNT (OMS, 2022).

Durante los últimos años el índice de mortalidad humana se debe principalmente al envejecimiento y a diversas enfermedades crónicas, mismas que se relacionan directamente con el estrés oxidativo. La masiva oxidación de las biomoléculas del organismo humano conduce a la generación de daños en el mismo y por ende a un exceso de radicales libres que dan lugar a enfermedades degenerativas como cáncer, inflamaciones, enfermedades cardiacas, cerebrales, acelerado envejecimiento, ateroesclerosis, diabetes mellitus, hipertensión, entre otras (Sánchez, et al., 2013 pp. 162-167).

En América Latina, Cuba es el país en el cual el envejecimiento es el principal problema demográfico con el 18,3 % de la población de 60 años y más; se espera que para el 2025 este grupo alcance más del 25 % de la población total, por lo cual es uno de los países más envejecidos de América Latina (León, et al., 2018 p. 701).

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el Ecuador mediante la encuesta STEPS que se realizó en el 2018 manifestó que las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de mortalidad en el país, la misma indicó que el 19,8 % de la población tenía hipertensión, de los cuales, el 17 % tenía hipertensión descontrolada y el 56,3% no tomaba medicación para tratar la misma (OPS, 2023).

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Teórica

El ser humano se enfrenta diariamente a procesos propios del organismo para mantener su estado normal y funcional, mucha de las veces, estos no son los esperados ya que no hay un balance en los mecanismos de regulación, produciéndose un desequilibrio, en este contexto, la producción de radicales libres u otras especies reactivas versus los mecanismos antioxidantes es un proceso normal, sin embargo, si se rompe este equilibrio de regulación se producen daños celulares desencadenando un mal funcionamiento del organismo o en el peor de los casos cáncer (Coronado, et al., 2015 p. 207).

Ecuador es un país megadiverso, y unas de sus riquezas se ve reflejado en la gran diversidad de especies frutales, sin embargo, algunas de estas son desconocidas, desaprovechadas o poco cultivadas por desconocimiento de los beneficios que pueden tener, o bien, porque son especies que han sido introducidas hace unos muy pocos años atrás. Diversas investigaciones de los beneficios que llegan a poseer las plantas y frutos se lo han realizado desde hace varios años atrás, por tal razón en la actualidad se conocen las propiedades, tanto nutricionales como medicinales.

Los productos con alto contenido de antioxidantes sean estos mediante dieta natural, como productos procesados, preparados oficinales o formulaciones magistrales beneficiaria a muchas personas a evitar o resolver problemas relacionadas directamente con el estrés oxidativo como el cáncer, envejecimiento prematuro, infecciones, diabetes, hipertensión, entre otros (Coronado, et al., 2015).

1.2.2. Justificación Metodológica

El proceso de liofilización resulta útil debido a que mantiene las propiedades fisicoquímicas a largo plazo evitando perder los metabolitos y la proliferación de microorganismos en el proceso de almacenamiento conservando un producto de calidad (Navas, 2006).

Así mismo, la determinación de la concentración de polifenoles por el método de folin-ciocalteu resulta beneficioso debido a que es un método confiable y ampliamente utilizado ya que, a más de ser un método rápido y fácil, el ensayo da una buena estimación del contenido fenoles totales para la gran mayoría de vegetales (Cortez, et al., 2018).

Finalmente, se ha optado aplicar el método DPPH para evaluar la actividad antioxidante debido a que es un método muy utilizado precisamente por su fiabilidad y sencillez, no demanda de

muchos materiales y equipos, únicamente el equipo a utilizar es el espectro fotómetro UV visible (Reyes, et al., 2021).

1.2.3. Justificación Práctica

El estudio resulta viable y factible debido a que se cuenta con la materia prima suficiente, así como también los materiales y equipos dentro de los laboratorios de la Facultad de Ciencias para el desarrollo de éste. Este estudio está encaminado en dejar bases sobre la actividad antioxidante presente en la pulpa jackfruit para la prevención de enfermedades ocasionadas por el estrés oxidativo, mediante alimentación diaria o para posteriores investigaciones enfocados en el desarrollo de un producto con dicha actividad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la actividad antioxidante in vitro del liofilizado de la pulpa de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus lam).*

1.3.2. Objetivos específicos

- Obtener el liofilizado de la pulpa de *Artocarpus heterophyllus lam* con la finalidad de conservar sus propiedades fisicoquímicas.
- Determinar la concentración de polifenoles totales de los extractos alcohólicos e hidroalcohólicos a partir del liofilizado y de la pulpa fresca.
- Evaluar la actividad antioxidante de los extractos por el método DPPH al inicio y al final de un periodo de conservación, para verificar si la liofilización mantiene los polifenoles.

CAPITULO II

2. MARCO TÉORICO

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. Jackfruit (Artocarpus heterophyllus lam)

Figura 2-1: *Artocarpus heterophyllus lam.*
Fuente: Asanza E., 2024.

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus lam*) es una fruta tropical extendida a nivel mundial, es conocida como la reina de las frutas tropicales, se le considera como la más grande y pesada del mundo, su pulpa es fragante y de sabor agradable (Yang, et al., 2020). Jackfruit puede llegar a pesar de entre 4,5kg – 30kg y medir de 10-40cm de longitud, la forma de su fruto es oblongo- cilíndrica de coloración verde obscuro cuando es joven, mientras que cuando está madura toma una coloración amarillo verdoso o marrón amarillo; el árbol es frutal tropical y subtropical de hoja perenne que pertenece a la familia Moraceae, crece bien en condiciones climáticas cálidas, húmedas tropicales y subtropicales, puede llegar a medir de 8-25m de altura y el diámetro del tronco de 30-80 cm (Raihandhany, et al., 2018).

2.1.2. Origen

El árbol de jackfruit tiene su origen en las selvas tropicales de los Ghats occidentales al suroeste de la India y a medida del transcurso del tiempo los árboles se han introducido en otros lugares de India y en regiones tropicales del mundo. En la actualidad se pueden evidenciar amplias plantaciones de estos como en Bangladesh, Malasia, Birmania, Indonesia, Filipinas, en las islas del Caribe, en la zona de bosques siempre verdes de África occidental, en el norte de Australia,

en partes de EE. UU. (Florida y California), Brasil, Puerto Rico, Islas del Pacífico Palau, Yap, Pohnpei, Nauru, Samoa y otras islas (Shrinath, et al., 2011).

2.1.3. Taxonomía

Tabla 2-1: Descripción taxonómica de *Artocarpus heterophyllus lam*

Taxonomía	
Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
División	Antophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledoneas
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	Artocarpus
Especie	*Heterophyllus Lam.*

Fuente: (Luna, 2018 p. 6)
Realizado por: Asanza E., 2024.

2.1.4. Valor Nutricional

Tabla 2-2: Valor nutricional de *Artocarpus heterophyllus lam.*

Componentes	**Unidad**	**Contenido**
Carbohidratos	%	40
Proteína	%	6
Grasa	%	0,4
Vitamina A	mcg/100g	357,50
Vitamina C	mg/100g	8,5
Calcio	mg/100g	28,50
Magnesio	mg/100g	27,00
Hierro	mg/100g	0,4-1,9
Sodio	mg/100g	21,50
Potasio	mg/100g	299,00

Fuente: ((Yuying, et al., 2022)**,** (Baliga, et al., 2011 p. 1804))
Realizado por: Asanza E., 2024.

2.1.5. Liofilización

La liofilización es un método o técnica de secado en frio aplicado desde hace varios años atrás para conservar productos biológicos y alimenticos durante mucho tiempo sin necesidad de que éstos estén en cadena de frio o en una conservación especial, además, en los alimentos mantienen sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas, dicho proceso permite extraer un 95% del agua contenido en el producto a liofilizar por lo que resulta beneficioso para la estabilidad microbiológica, es decir, evita la proliferación de microorganismos y la oxidación (Navas, 2006).
La aplicación de la liofilización se lo realiza en distintos campos, tales como: en la industria farmacéutica (comprimidos, tejidos, plasma, entre otros), industria química (preparación de catalizadores, secado de madera, etc.) y finalmente la industria alimentaria (para evitar perder los alimentos y obtener productos de alta calidad por un largo periodo de tiempo manteniendo sus características fisicoquímicas) (Navas, 2006 pp. 2-5).

2.1.5.1. Etapas del proceso de liofilización

Primera etapa: Preparación

En este paso se realiza un acondicionamiento o tratamiento previo al proceso de liofilización como tal, consiste en lavar, pelar en el caso de ser necesario y realizar pequeñas modificaciones como agujerear a productos que contengan cáscara con el fin de aumentar la permeabilidad.

Segunda etapa: Congelación

Se emplea una congelación con una temperatura de entre -20 a -40 °C, dicho proceso se lo debe realizar de forma rápida con el fin de evitar formaciones de cristales mucho más grandes.

Tercera etapa: Secado primario

Se produce el proceso de sublimación del hielo aplicando bajas presiones y aplicando calor tomando en cuenta de no incrementar la temperatura para que surja la evaporación del hielo

Cuarta etapa: Secado secundario

El agua residual retenida es eliminada por desorción, en esta etapa requiere reducir el contenido de humedad a un nivel adecuado de estabilidad ya que después del secado primario aún queda del 10-35% de agua, es decir consiste en evaporar el agua no congelable o agua ligada (Prado, et al., 2018 pp. 296-299).

2.1.5.2. Partes esenciales del equipo de liofilización

Cámara de secado

Su función es proporcionar un medio limpio y estéril, regular presión y temperatura para congelar y posteriormente secar

Condensador

La función principal del mismo es eliminar producto de la sublimación y los condensa.

Sistema de vacío

Es el encargado de regular las presiones en el proceso de secado primario y secundario en la liofilización (Parzanese, 2013).

2.1.6. Métodos para la determinación de polifenoles totales

En la actualidad para realizar la determinación cuantitativa de fenoles o polifenoles totales es posible mediante la utilización de dos importantes técnicas: método o ensayo de folin-ciocalteu y el método de Price y Butler, ambas se fundamentan en reacciones redox (Ricco, et al., 2015 p. 165).

2.1.6.1. Método de Folin-Ciocalteu

Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de folin-ciocalteu, en este método el ión fenolato sufre un proceso de oxidación en un medio básico y el reactivo fosfotúngstico-molíbdico es reducido, en la cual resulta una formación de un complejo de una coloración azul siendo finalmente determinada espectrofotométricamente a 760nm (Ricco, et al., 2015 p. 165).

2.1.6.2. Método de Price y Butler

En una primera instancia al igual que el primer método el ión fenolato sufre una oxidación y el ión férrico es reducido a ión ferroso detectado mediante la formación de un complejo azul con el reactivo ferricianuro de potasio, dicho complejo es conocido con el nombre de azul de Prusia, finalmente la absorbancia es leída a 720nm (Ricco, et al., 2015 p. 165).

2.1.7. Tamizaje Fitoquímico

El tamizaje fitoquímico consiste en una serie de ensayos cuyo objetivo es identificar de manera cualitativa la presencia de metabolitos secundarios presentes en un extracto, en una primera instancia se obtienen extractos de una especie vegetal utilizando diferentes solventes generalmente de polaridad creciente, estos ensayos resultan apropiadas para aprobar o descartar metabolitos de interés de forma rápida (Castillo, et al., 2022 p. 484).

Tabla 2-3: Ensayos del tamizaje fitoquímico

ENSAYO	DETERMINACIÓN
Dragendorff	Alcaloides
Mayer	Alcaloides
Wagner	Alcaloides
Fehling	Azúcares Reductores
Espuma	Determinación de Saponinas
Shinoda	Determinación de Flavonoides
Cloruro Férrico	Compuestos Fenólicos y/o Taninos
Liebermann-Burchard	Triterpenos y Esteroides.
Borntrager	Quinonas
Sudan	Grasas
Baljet	Cumarinas

Fuente: (Pujol, et al., 2020 p. 1212)

Realizado por: Asanza E., 2024.

2.1.8. Polifenoles

Los compuestos polifenólicos son aquellos metabolitos que se forman en las plantas como resultado del metabolismo secundario, los mismos son caracterizados por contener en su estructura uno o más anillos fenólicos. La biosíntesis de dichos metabolitos surge a través de dos destacadas rutas: ruta del ácido shikímico y la de los poli acetatos; la primera está implicada en la síntesis de aminoácidos aromáticos y ácidos cinámicos y sus derivados, mientras que en la segunda las quinonas y xantonas (Quiñones, et al., 2012 p. 77).

Existe una clasificación y subclasificación de los compuestos polifenólicos, las cuales se definen y dividen en función del número de anillos fenólicos y otras estructuras conformadas en los mismos (Quiñones, et al., 2012 p. 77)

Tabla 2-4: Clasificación de los compuestos polifenólicos

CLASES	SUBCLASES
Flavonoides	Antocianinas, Flavanoles, Flavanonas, Flavonas, Flavonoles, Isoflavonas.
Ácidos fenólicos	Ácidos hidroxibenzoicos, Ácidos hicroxicinámicos
Lignanos	Matairesinol, Secoisolariciresinol
Estilbenos	Resveratrol

Fuente: (Acosta, 2019 p. 14).

Realizado por: Asanza Elian., 2024.

2.1.9. Antioxidantes

Un antioxidante es una molécula que tiene la capacidad de inhibir procesos oxidativos en otras moléculas causados por radicales libres, los antioxidantes desencadenan un papel importante tanto en los sistemas alimentarios como en el cuerpo humano para reducir procesos oxidativos, los compuestos antioxidantes son los responsables de eliminar, retrasar o prevenir el daño oxidativo, al eliminar radicales libres aumenta la vida útil y retarda el proceso de peroxidación lipídica que es una de las principales causas del deterioro de alimentos y productos farmacéuticos, por otro lado, los antioxidantes actúan protegiendo al cuerpo humano de los radicales libres y de ERO retrasando el progreso de muchas enfermedades crónicas (Gulcin, 2020 p. 5).

Los antioxidantes se pueden clasificar como fuentes endógenas y exógenos. Los endógenos son aquellos que se sintetizan en la célula y pueden ser enzimáticos (superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa) al interactuar dichas enzimas previenen el estrés oxidativo eliminando los radicales libres y especies reactivas antes de que exista un daño en los componentes de las células (Powers, et al., 2014 p. 2)
Los no enzimáticos (glutatión) actúa como eliminador independiente de oxidantes, además, al interactuar con glutatión peroxidasa eliminan el peróxido de hidrógeno de la célula; independientemente de que sean antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, al interactuar justos trabajan para proteger la célula contra el daño oxidativos causado por radicales libres (Powers, et al., 2014 p. 2).

Por otra parte, existen antioxidantes exógenos aquellos que son adquiridos por la dieta diaria, aquí están presentes una gran variedad de frutas y verduras las cuales son fuente de vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles), vitamina C (ácido ascórbico) y carotenoides (B- carotenos), además alimentos con alto contenido de compuestos fenólicos la cual es uno de los responsables de baja incidencia de enfermedades coronarias. Antioxidantes como la vitamina E y carotenoides son esenciales para la protección de las membranas celulares y membranas que rodean a los organelos de los diferentes daños que son causados por los radicales libres (Avello, et al., 2006 pp. 165-167).

2.1.10. Radicales libres

Los radicales libres son sustancias químicas que contienen un electrón desapareado en su orbital externo y se comportan de manera agresiva por el mismo hecho de que en su último orbital se encuentra su electrón desapareado queriendo reaccionar con otras especies químicas con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Luego de que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita para alcanzar su estabilidad, la molécula estable que lo pierde se convierte

a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose una reacción en cadena (Saavedra, et al., 2010 p. 33).

2.1.11. Métodos para la determinación de la actividad antioxidante

2.1.11.1. Método ORAC

Método que mide la capacidad que tienen los antioxidantes para producir una ruptura de la cadena de los radicales considerándose el control de la inhibición de la oxidación producida por parte de los radicales peróxilo, el presente método es basado en la reacción de transferencia de átomos de hidrógeno en donde el radical peróxilo reacciona con una sonda fluorescente resultando una pérdida de fluorescencia, el mismo que puede ser medido con un fluorímetro, y para ello se utiliza un estándar antioxidante el cual puede ser trolox, mostrando o considerándose los resultados como equivalentes de trolox (Reyes, et al., 2021 p. 20).

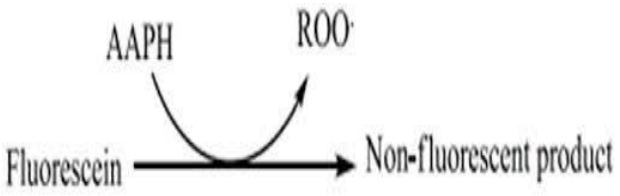


Figura 2-2: Mecanismo de acción de ensayo ORAC
Fuente: (Reyes, et al., 2021 p. 20)

2.1.11.2. Método DPPH

Método mayormente utilizado, se trata de un radical cromógeno estable que presenta una coloración de color purpura intenso, se basa principalmente en la donación de electrones que le van a proporcionar los antioxidantes al radical DPPH para que ejerza una neutralización del mismo; en la reacción se va a producir un cambio de coloración, la misma que será medida en un espectrofotómetro UV o RPE a 517nm resultado una eficacia del ensayo si se presenta una decoloración del color original y los resultados se pueden expresar como el poder reductor de la muestra o utilizando un estándar antioxidante los cuales pueden ser trolox o ácido ascórbico (Reyes, et al., 2021 pp. 20-21).

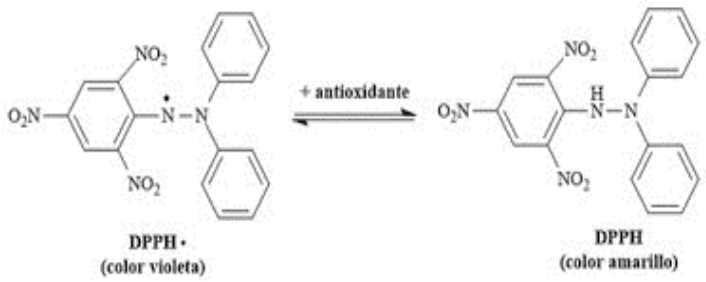


Figura 2-3: Reacción entre el DPPH y un antioxidante
Fuente: (Reyes, et al., 2021 p. 21)

2.1.11.3. Método ABTS

Se fundamenta en la capacidad que tienen los antioxidantes para eliminar el radical catión ABTS mediante la donación de electrones de los antioxidantes, o bien, por la donación de hidrógenos por parte de los radicales, el radical ABTS es un cromóforo con una coloración azul-verde que disminuye su intensidad en presencia de antioxidantes, la misma será medida en un espectrofotómetro a 734 nm, la decoloración del mismo dependerá del tiempo de reacción, y de la concentración que tiene la muestra, los resultados se expresan como equivalentes de trolox (Reyes, et al., 2021 p. 21).

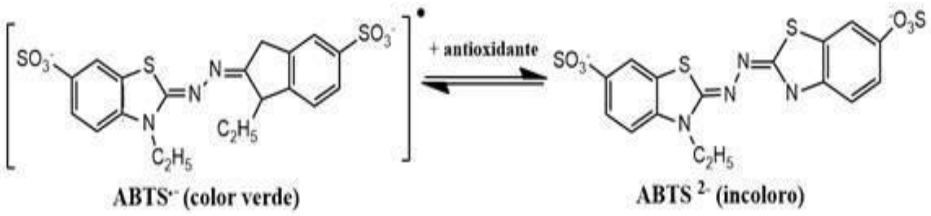


Figura 2-4: Mecanismo de reacción del ABTS
Fuente: (Reyes, et al., 2021 p. 21)

2.1.11.4. Método FRAP

El fundamento es que en el reactivo FRAP (Mezcla de buffer de acetato de sodio de pH de 3.6, TPTZ y Cloruro férrico) está presente el ión férrico y por acción de los antioxidantes se reduce a ión ferroso formando un complejo ferroso-TPTZ generando una coloración azul por la capacidad reductora de la muestra, finalmente la misma podrá ser cuantificada por colorimetría a 593nm tomando como referencia un patrón de sulfato ferroso (Reyes, et al., 2021 p. 22)

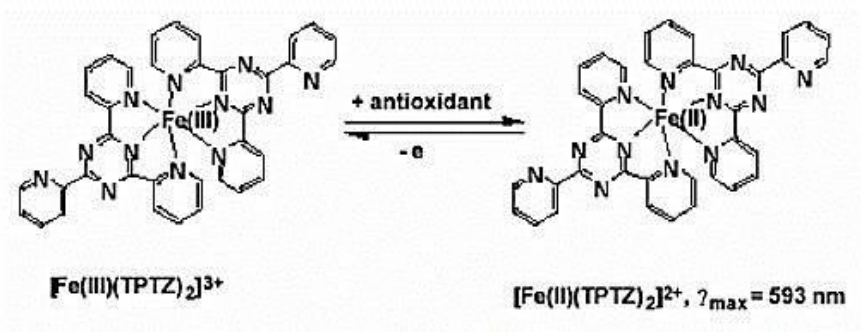


Figura 2-5: Principio químico del método FRAP.
Fuente: (Reyes, et al., 2021 p. 22)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGIO

3.1. Lugar de investigación

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de: Productos Naturales, Química Orgánica, Bromatología e investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.2. Tipo, Diseño y enfoque de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada, puesto que busca la generación de conocimiento, en este caso, aplicar una liofilización a fin de verificar si tanto los polifenoles como la actividad antioxidante se mantiene tras aplicar este método de secado. Con diseño de investigación experimental, ya que se realizó una liofilización, extracción de polifenoles y verificación de la mejor extracción; y con un enfoque cualitativo y cuantitativo, fue de enfoque cualitativo ya que se realizó el tamizaje fitoquímico para detectar presencia o ausencia de metabolitos de interés y además con enfoque cuantitativo puesto que se determinó características fisicoquímicas, concentración de polifenoles y actividad antioxidante la cual conllevó la obtención de resultados numéricos.

3.3. Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo

La población de estudio es la pulpa de la fruta de *Artocarpus heterophyllus lam.* La recolección se realizó en la provincia Orellana, Cantón Loreto, parroquia San José de Payamino en la comunidad de Campo Alegre ubicada a una altitud de 427 m.s.n.m. mediante un muestreo por conveniencia para obtener 1,2 kg de pulpa.

3.3.1. Criterios de inclusión

- Aquellos que no están atacados por insectos.
- Corteza de color marrón amarillo
- Pulpa del fruto maduro

3.3.2. Criterios de exclusión

- Pulpa del fruto inmaduro
- Corteza atacada por insectos o aves
- Aquellos que están caídos en el suelo

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

- Liofilización
- Concentración de los solventes hidroalcohólicos

3.4.2. Variable dependiente

Actividad antioxidante

3.5. Hipótesis

La liofilización de la pulpa de *Artocarpus heterophyllus lam* repotencia y/o conserva actividad antioxidante.

3.6. Materiales, equipos y reactivos

Tabla 3-1: Materiales, Equipos y Reactivos

PROCESOS	MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
LIOFILIZACIÓN	Cuchillo	Liofilizador Harvestright	N/A
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	-Crisoles de porcelana -Pinzas para crisol -Vaso de precipitado -Bureta -Soporte universal -Pinzas para soporte universal -Matraz Erlenmeyer	-Desecador -Balanza analítica Explorer -Estufa Memmert SNB400 -Mufla Ivymen N 8 L; 1100ºC -pH metro oakton -Refractómetro RA-620	-Agua destilada. -Fenolftaleína. -Hidróxido de Sodio.
OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS	-Frascos ámbar	-Rotavapor Buchi R-300 -Estufa Memmert SNB400	-Etanol 96, 50 y 25 %

TAMIZAJE FITOQUÍMICO	-Tubos de ensayo -Gradilla -Pipetas -Frascos ámbar -Embudo simple -Papel filtro -Vasos de precipitados	-Reverbero -Cámara de luz UV -Cámara de flujo laminar	-Agua destilada -Etanol 96, 75, 50 y 25 % -Alcohol amílico -Ácido clorhídrico 1% -Ácido clorhídrico conc. -Reactivo de Wagner -Reactivo de Baljet -Cloroformo -Reactivo de Fehling -Magnesio metálico -Solución de carbonato de sodio -Anhídrido acético -Ácido sulfúrico conc. -Cloruro férrico 5%
CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES	-Balones de aforo de 10 mL y 25 mL -Pipetas de 1, 5 y 10 mL -Vidrio reloj -Tubos de ensayo -Gradilla	-Espectrofotómetro UV/Vis-Nanodrop.	-Folin-Ciocalteu -Ácido Gálico -Carbonato de Sodio 20% -Agua destilada
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	-Balones de aforo de 10 mL y 250mL -Pipetas de 1, 5 y 10 mL -Vidrio reloj -Tubos de ensayo -Gradilla	-Espectrofotómetro UV/Vis-Nanodrop.	-DPPH -Trolox

Realizado por: Asanza E., 2024.

3.7. Técnicas y métodos

3.7.1. Recolección del fruto Artocarpus heterophyllus lam.

Fue recolectada en la provincia Orellana, Cantón Loreto, parroquia San José de Payamino, en la comunidad de Campo Alegre ubicada a una altitud de 427 m.s.n.m teniendo en cuenta los criterios de inclusión, fue desinfectada y colocada en un cooler con hielo a fin de que la fruta se mantenga fresca y en buen estado evitando que se alteren los metabolitos hasta la llegada a los laboratorios donde se ejecutaron cada una de las técnicas y análisis.

3.7.2. Liofilización

- Cortar la fruta de forma longitudinal.
- Extraer la pulpa y retirar la semilla.
- Pesar 800 g de pulpa
- Cortar en pedazos muy finos
- Colocar en las bandejas del liofilizador
- Condiciones de liofilización:

T° Congelación: -34°C (5h)

T° Liofilización: -50°C (15h)

Presión: 0,06mbar

- Repetir el proceso si se observa que falta de liofilizar

3.7.3. Control de calidad del producto fresco y liofilizado

3.7.3.1. Humedad

El método se basa en el secado de una muestra en una estufa y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo expresado en porcentaje.

- Realizar por triplicado
- Pesar los crisoles previamente tarados y enfriados en el desecador.
- Pesar 3 gramos de muestra y transferirlo al crisol.
- Colocar el crisol con la muestra en la estufa a una temperatura de 105°C durante aproximadamente 4 horas
- Una vez cumplido el tiempo requerido se procede a colocar el o los crisoles al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, esto se cumple aproximadamente de 20-30 min
- Pesar en la balanza analítica
- Volver a colocar nuevamente en la estufa por 1 hora
- Sacar de la estufa, enfriar y pesar
- Continuar con el proceso hasta peso constante
- Realizar cálculos

$$\%de\ humedad = \frac{(P - p)}{M} * 100$$

Donde:

P: Masa del crisol con muestra desecada en gramos

p: Masa de crisol vacío en gramos

M: Masa de la muestra en gramos

3.7.3.2. Cenizas

El método se basa en la calcinación de la muestra con la finalidad de cuantificar los minerales totales presentes en la muestra.

- Realizar por triplicado
- Pesar los crisoles previamente tarados y enfriados en el desecador.
- Pesar 2 gramos de muestra de la práctica anterior y transferirlo al crisol.
- Posteriormente calcinar en una mufla a 550°C durante una hora, o bien hasta que las cenizas aparezcan blancas o grises.
- Enfriar en desecador a temperatura ambiente y pesar.
- Si no se logra obtener el color blanco o gris de las cenizas, dejar enfriar, agregar unas gotas de agua destilada, secar nuevamente en el mechero y volver a calcinar.

$$\%de\ cenizas = \frac{(P - p)}{M} * 100$$

Donde:

P: Masa del crisol con las cenizas en gramos

p: Masa de crisol vacío en gramos

M: Masa de la muestra en gramos

3.7.3.3. pH

- Tomar 100mL de agua destilada y verter en 10g de muestra
- Mezclar hasta obtener una suspensión homogénea (30min)
- Dejar reposar, tomar el sobrenadante y medir pH

3.7.3.4. Acidez titulable

- Pesar 10 g de muestra, añadir 100mL de agua destilada
- Agitar constantemente

- Añadir 4 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína
- Titular con NaOH 0.1 N

3.7.3.5. Sólidos solubles

- Pesar 1 g de muestra y añadir 10 mL de agua destilada
- Medir en un refractómetro

3.7.3.6. Índice de refracción

- Tomar una gota de muestra del análisis anterior y colocarlo en prisma del refractómetro
- Anotar resultado de la lectura

3.7.4. Obtención de los extractos

Para la pulpa fresca se procede a deshidratar en la estufa con corriente de aire a 45°C por 48h, luego se pesa 50 gramos para macerar en 150mL de etanol al 96, 50 y 25% por 72 horas protegido de la luz, posteriormente se filtra y lleva a concentrar en el rotavapor a 45°C a 60rpm; para la pulpa liofilizada se sigue la misma metodología, con la diferencia que a ésta no se le realiza la deshidratación en la estufa.

3.7.5. Tamizaje fitoquímico

3.7.5.1. Ensayo de catequinas.

- Colocar una gota del extracto etanólico sobre un papel filtro
- Sobre la mancha producida se colocó una solución de carbonato de sodio
- Observar a través de la luz Uv.
- El ensayo es positivo si se observa una mancha verde carmelita.

3.7.5.2. Ensayo de resinas

- Colocar en un tubo de ensayo 2 mL de extracto etanólico y posteriormente 10 mL de agua destilada.
- El ensayo es positivo si se presenta un precipitado.

3.7.5.3. Ensayo de dragendorff

- Tomar una alícuota del extracto
- Evaporar en baño de agua
- Redisolver en 1 mL de HCl 1% en agua
- Añadir 3 gotas del reactivo de dragendorff

Resultados del ensayo

Opalescencia (+)

Turbidez definida (++)

Precipitado (+++)

3.7.5.4. Ensayo de Wagner

- Se debe partir de la solución ácida de igual forma al caso anterior.
- Adicionar 2 o 3 gotas del reactivo
- Los resultados se reportan de la misma manera que la anterior

3.7.5.5. *Mayer*

- Se debe partir de la solución ácida de igual forma al caso anterior.
- Adicionar 2 o 3 gotas del reactivo
- Los resultados se reportan de la misma manera que la anterior

3.7.5.6. *Ensayo de Fehling.*

- Tomar una alícuota de extracto etanólico
- Evaporar en baño de agua
- El residuo redisolver con 2 mL de agua
- Adicionar 1 mL del reactivo de Fehling A y 1mL del B y calentar a baño de agua por 5-10 minutos.
- El ensayo es positivo si aparece un precipitado rojo

3.7.5.7. Ensayos Liebermann-Burchard.

- Tomar una alícuota de extracto etanólico
- Llevar a evaporar en baño de agua

- Redisolver el residuo con 1mL
- Adicionar 1mL de anhídrido acético y mezclar bien
- Dejar resbalar por las paredes 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar
- El ensayo es positivo si se evidencia un cambio rápido de color

Resultado ensayo
-Rosado-Azul muy rápido
-Verde intenso- visible rápido
-Verde oscuro -negro-final de reacción
-Cuando el extracto tiene cantidades considerables de triterpenos o esteroides es más común ver la tercera reacción. Hay que considerar que para realizar dicho ensayo no debe haber presencia de agua ya que al haber puede producirse una reacción violenta.

3.7.5.8. Ensayo de Baljet.

- Tomar una alícuota del extracto etanólico
- Adicionar 1mL del reactivo de Baljet A (0.5mL) y B (0.5mL)
- El ensayo es positivo si: Coloración rojo (++) o precipitado rojo (+++)

3.7.5.9. Ensayo de la Espuma.

- Tomar 1 mL de extracto etanólico
- Diluir 5 veces su volumen en agua
- Agitar fuertemente la mezcla durante 10 min
- El ensayo es positivo si se presenta un espumaje de 2 mm de altura y ésta perdura por más de 2 min

3.7.5.10. Ensayo de Shinoda.

- Tomar una alícuota de extracto etanólico
- Diluir con 1mL de ácido clorhídrico concentrado
- Colocar un pedazo pequeño de cinta de magnesio y esperar 5 minutos
- Colocar 1mL de alcohol amílico y mezclar
- Dejar reposar hasta evidenciar que las fases se hayan separado
- El ensayo es positivo si el alcohol amílico se colorea amarillo, naranja carmelita o rojo, intensos en los antes mencionados

3.7.5.11. Ensayo de Cloruro Férrico.

- Tomar una alícuota del extracto etanólico
- Adicionar 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica (cloruro de sodio al 0.9 % en agua).
- El ensayo es positivo para compuestos fenólicos si se presenta una coloración rojo-vino, mientras si aparece una coloración verde intensa o azul es positivo para taninos de tipo pirocatecólicos o pirogalotánicos respectivamente.

(Ramos, et al., 2016)

3.7.6. Determinación de Polifenoles utilizando el método de Folin-Ciocalteu

Para la cuantificación de la concentración de los polifenoles se siguió la metodología de (Garrido, et al., 2013) con algunas modificaciones

Preparación de solución estándar de ácido gálico

Pesar 120 mg de ácido gálico y aforar a 200 mL con agua destilada para obtener 600mg/L, mantener en refrigeración hasta su uso.

Preparación de la solución de carbonato de sodio

Pesar 2 g de carbonato de sodio y aforar a 10mL con agua destilada para obtener una solución al 20% p/V

Preparación de la curva de calibración

A partir de la solución estándar se prepararon disoluciones de 0, 100, 200, 300, 400, 500 y 600 mg/L, a partir de estas se tomaron 20uL y se agregaron en diferentes tubos, a los mismos se les agregó 1580 uL de agua destilada y 100 uL de reactivo de folin-ciocalteu (1N), se procedió a mezclar. Luego de 10 min se agregó 300 uL se solución de carbonato de sodio al 20%, se agitó y se dejó en reposo por 2 horas en baño maría a 20°C, finalmente las lecturas fueron realizadas en un espectrofotómetro UV/Vis-Nanodrop a 750nm

Para el análisis de las muestras se toma 20 uL de extracto y se aplica el mismo tratamiento que al de la curva de calibración tomando en cuenta que el blanco en este caso es el solvente de origen. Los ensayos fueron realizados por triplicado y los resultados expresados en equivalentes de ácido gálico (mg EAG/100g) (Garrido, et al., 2013).

3.7.7. Evaluación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

Preparación de la solución patrón de DPPH

Pesar 197,16 mg y completar hasta un volumen de 5mL en metanol para obtener una concentración de 100mM de DPPH.

Preparación de la solución estándar de trolox

Pesar 20,02 mg de trolox y aforar a un volumen de 100mL en metanol para obtener una concentración de 800uM de trolox.

Preparación de la curva de calibración

A partir de la solución patrón se prepararon disoluciones de 0, 200, 400, 600 y 800 umol/L, a partir de estas se tomaron 10 uL y se agregaron en diferentes tubos, a los mismos se les agregó 40uL de metanol y 950 uL de solución de DPPH, luego de 10 min se lee la absorbancia en un espectrofotómetro UV/Vis-Nanodrop a 515 nm.

Para el análisis de las muestras se toma 10 uL de extracto y se aplica el mismo tratamiento que al de la curva de calibración. Los ensayos fueron realizados por triplicado y los resultados expresados en micromol equivalente a trolox por litro de muestra (umol E.T/L) (Peralta, et al., 2023).

3.7.8. Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión21, mediante el análisis de varianza para elegir a la mejor concentración de polifenoles de cada uno de los extractos, con una probabilidad p<0,05, a continuación, se plantean las hipótesis:

$H_0;\ \mu_{25\%} = \mu_{50\%} = \mu_{96\%}$

$H_0;$ "$Todas\ las\ medias\ de\ los\ extractos\ son\ iguales$"

$H_1; Al\ menos\ un\ extracto\ tiene\ mayor\ concentración$

Se utilizó el mismo paquete estadístico SPSS versión21 para verificar la hipótesis de la investigación de tal forma que se empleó la prueba para hipótesis unilateral para muestras independientes, con una probabilidad p<0,05, a continuación, se plantean las hipótesis:

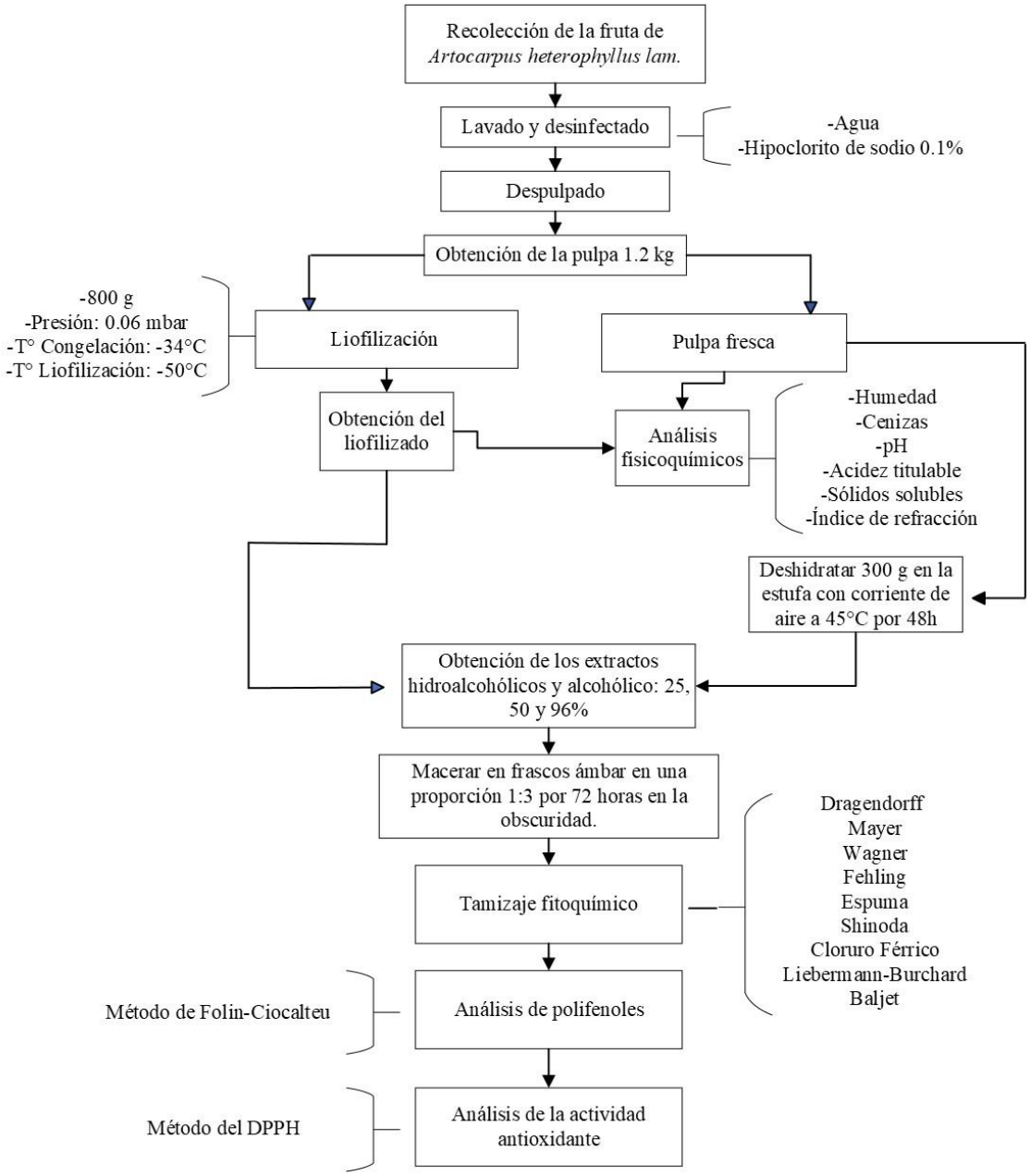
$H_0;\ \mu_l \leq \mu_f$

H_0: "La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es menor o igual a la actividad antioxidante de la pulpa fresca". p>0,05

$H_1;\ \mu_l > \mu_f$

H_1: La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es mayor a la actividad antioxidante de la fresca". p<0,05

3.7.9. Esquema general metodológico



Realizado por: Asanza E., 2024**.**

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Liofilizado de la pulpa de Jackfruit *(Artocarpus heterophyllus lam*).

Tabla 4-1: Rendimiento de la pulpa liofilizada.

Pulpa fresca (g)	Condiciones de liofilización	Pulpa liofilizada (g)	Rendimiento (%)
800	T° Congelación: - 34°C (5h) T° Liofilización: - 50°C (15h) Presión: 0.06 mbar	136	17

Realizado por: Asanza E., 2024.

En la tabla 4-1 se aprecia un rendimiento del 17% de pulpa liofilizada, con una notable disminución de peso del liofilizado respecto a la pulpa fresca, puesto que al aplicar la liofilización se obtiene un producto con un bajo contenido de humedad, dicho proceso resulta viable para conservar el producto a largo plazo ya que por las condiciones aplicadas elimina gran parte de agua y evita la proliferación de microorganismos.

En un estudio realizado por Surco et al., (2017 p. 415), se aprecia un rendimiento del 31, 05% en la pulpa liofilizada de mango de chupar, muy diferente al valor obtenido en este estudio del 17%, indica que el rendimiento depende del tipo de fruta, ya que algunas variedades contienen mayor cantidad de agua, mientras que otras en menor proporción y el proceso aplicado en el secado.

Una investigación de Rojano et al., (2011 p. 6214), indica que obtuvo un rendimiento del 10% del liofilizado del fruto Palma Naidi, cercano al valor obtenido en este estudio con el 17%, sin embargo, utiliza diferentes condiciones para la liofilización por tal razón obtiene un rendimiento mucho vas bajo. Tomando en cuenta los estudios antes mencionados se puede decir que el rendimiento además de depender del tipo de fruta y del proceso aplicado, podría deberse a las condiciones aplicadas de la liofilización como temperatura, presión, tiempo e incluso el estado de maduración.

4.2. Análisis exploratorio de datos para la caracterización fisicoquímica de pulpa fresca y liofilizada

Tabla 4-2: Análisis exploratorio de datos para pulpa fresca

Análisis	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Humedad (%)	82,19	0,02	0
Cenizas (%)	0,60	0,03	4
Acidez titulable (%Ácido cítrico)	0,10	0,00	0
pH	6,40	0,04	1
Sólidos solubles (°Brix)	7,51	0,04	1
Índice de refracción	1,34	0,00	0

Realizado por: Asanza E., 2024.

Tabla 4-3: Análisis exploratorio de datos para pulpa liofilizada.

Análisis	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Humedad (%)	5,95	0,04	1
Cenizas (%)	3,30	0,14	4
Acidez titulable (%Ácido cítrico)	0,17	0,01	3
pH	6,21	0,04	1
Sólidos solubles (° Brix)	8,42	0,05	1
Índice de refracción	1,34	0,00	0

Realizado por: Asanza E., 2024.

En las tablas 4-2 y 4-3 se aprecia que el coeficiente de variación de los análisis de pulpa fresca y liofilizada es <5%, es decir, los análisis están correctamente realizados, o bien, existe homogeneidad en cada uno de los resultados obtenidos, a su vez, muestra la fiabilidad de los análisis por la repetibilidad en los mismos.

Según Zaky, (2020), manifiesta que no existe un porcentaje óptimo establecido del coeficiente de variación y hace referencia que el mismo depende del tipo de investigación, sin embargo, considera que un coeficiente <5% o <2% sería óptimo para investigaciones en el campo de la medicina y farmacéutica.

4.3. Caracterización organolépticas y fisicoquímicas de pulpa fresca y liofilizada de *Artocarpus heterophyllus lam.*

Tabla 4-4: Características organolépticas de pulpa fresca y liofilizada.

Características organolépticas	Pulpa fresca	Pulpa liofilizada
Olor	Característico	Característico
Color	Amarillo claro	Amarillo Claro
Sabor	Polisabor a banano, piña, mango, entre otras frutas	Polisabor a banano, piña, mango, entre otras frutas
Textura	Suave	Dura (quebradiza)

Realizado por: Asanza E., 2024.

En la tabla 4-4 se aprecia que las propiedades organolépticas de la pulpa de *Artocarpus heterophyllus lam* se mantiene luego de haber aplicado el proceso de liofilización, con excepción de la textura, ya que dicho proceso elimina el contenido de agua del producto dejándolo quebradizo, sin embargo, al rehidratarlo se puede apreciar de mejor manera las características originales incluso la textura, en la investigación de Guallpa, (2021 p. 28) realizada en la fresa (*Fragaria ananassa*) afirma que el liofilizado conserva los atributos sensoriales como color, olor y sabor característico al producto fresco.

Tabla 4-5: Características fisicoquímicas de la pulpa fresca y liofilizada.

	Análisis	Pulpa fresca	Pulpa liofilizada	Diferencia
Características fisicoquímicas	**Humedad (%)**	82,19	5,95	76,24
	Cenizas (%)	0,60	3,30	2,70
	Acidez titulable (%ácido cítrico)	0,10	0,17	0,07
	pH	6,43	6,20	0,23
	Sólidos solubles (°brix)	7,51	8,42	0,91
	Índice de refracción	1,34	1,34	0,00

Realizado por: Asanza E., 2024.

En la tabla 4-4 se aprecia que la humedad de la pulpa fresca es similar con el reportado por Goswami et al., (2011 pp. 28-30) con un 82,88%, y diferente con el estudio de Ibrahim et al. (2013 p. 290) con un 76,62%, esta variación se podría deber a la existencia de algunos genotipos y cultivares en el mundo, incluso pudiendo variar en las regiones dentro de un mismo país por factores de clima, altitud, tipo de suelo, etc.

La humedad de pulpa liofilizada posee una disminución del 76,24% respecto a la pulpa fresca, esto se debe a que el proceso de liofilización elimina gran parte de agua, por lo tanto, se obtiene un producto con bajo porcentaje de humedad. Un estudio realizado por Huachuhuillca, (2017 p. 56) de la pulpa fresca de aguaymanto con una humedad de 80,73% tras aplicar la liofilización obtiene una humedad de 6,8% valor cercano al obtenido en este estudio con 5,9%, y distinto al obtenido por Amores, (2011 p. 66) con una humedad del 2,2% de pulpa liofilizada a partir de 83,7% de pulpa fresca de mora de castilla (*Rubus glaucus*), estas diferencias podrían deberse a las condiciones aplicadas en el proceso de liofilización.

Respecto al análisis de cenizas de pulpa fresca se obtuvo un resultado de 0,60% cercano al reportado por Goswami et al. (2011 pp. 28-30), de 0,70%, mientras que Ibrahim et al. (2013 p. 290) en un estudio de diferentes jackfruits recogidas en la región de Rajshahi en Bangladesh muestra un rango de 0,103% – 1,976% de cenizas de pulpas frescas, estas variaciones podrían deberse a los diferentes cultivares existentes en cada región o país.

En la pulpa liofilizada se observa un notable incremento en el porcentaje de cenizas un 2,7% más respecto a la pulpa fresca, esto se podría deber a que algunos minerales que se encuentran inmersos en el agua de la pulpa son arrastrados a la superficie al aplicar el proceso de liofilización concentrándose una mayor cantidad de minerales, una investigación realizada por Surco et al., (2017 p. 416) reporta un contenido de cenizas de 3,41% de pulpa liofilizada de la variedad de mango chato obteniendo un incremento del 2,6% respecto a la pulpa fresca resultado similar al encontrado en este estudio.

Referente a la acidez titulable de pulpa fresca se aprecia un porcentaje del 0,10%, lo cual le confiere una acidez ligeramente ácida, este valor coincide con el reportado por Morelos et al., (2022 p. 9) en un estudio realizado en México de un genotipo de jackfruit "Agüitada" con un 0,10% de acidez, mientras que un estudio realizado por Piña et al., (2010) en Maracay, existe una ligera variación con una acidez de 0,13%.

En la pulpa liofilizada se aprecia un incremento de 0,07% de acidez titulable respecto a la pulpa fresca, en investigaciones realizada por Surco et al., (2017 p. 415) acerca del mango de la variedad chato obtiene un incremento de 2%, mientras que Huachuhuillca, (2017 p. 56) en el aguaymanto obtiene un incremento de 4,27% respecto a la pulpa fresca, tomando en cuenta estos dos particulares se puede notar que el proceso de liofilización aumenta la acidez, sin embargo, en este estudio se obtuvo un incremento leve, la cual se puede deber a los diferentes tipos de frutas, ya que algunos poseen mayor concentración de acidez.

Concerniente al análisis de pH de pulpa fresca se aprecia un valor de 6,43 ligeramente ácido, valor similar al reportado por Goswami et al., (2011 pp. 28-30) con 6,45 y una notable diferencia con

el reportado por Morelos et al., (2022) de 5,82, la variación de esta última podría deberse a que se trata de una fruta de diferente variedad.

En la pulpa liofilizada se observa un descenso del pH, es decir, 0,23 más ácido, lo cual se puede corroborar en el análisis anterior en la acidez titulable, ya que, en la pulpa liofilizada se evidenció un incremento , es decir, si aumenta la acidez el pH baja, es por ello que en este análisis se observa un pH más acido, en una investigación realizada por Huachuhuillca, (2017 p. 56) en la fruta de aguaymanto reportó que la liofilización ascendió ligeramente la acidez un 0,05 más respecto a la pulpa fresca.

En la investigación realizada por Amores, (2011 p. 66) en la mora reporta un ascenso del pH pasando de 3,4 de pulpa fresca a 5,2 de pulpa liofilizada, afirmando que los resultados son concordantes ya que al someter a un tipo de deshidratación los ácidos se combinan formando sales, lo que hace haya una neutralización bajando la acidez.

Respecto al análisis de sólidos solubles de pulpa fresca se obtuvo 7,51° brix, resultado diferente al obtenidos por Goswami et al., (2011 pp. 28-30) con 20,1 °brix, y con una notable similitud al obtenido por Morelos et al., (2022) con 8,6°brix, estas variaciones podrían ser debido al estado de madurez de la fruta cosechadas; en la pulpa liofilizada se observa un incremento del 0,91°brix respecto a la pulpa fresca, según Amores, (2011 p. 70) afirma que en la liofilización los azucares se concentran ya que por la pérdida de agua libre estos son llevados hacia el exterior del alimento produciéndose una mayor concentración.

Referente al índice de refracción se puede apreciar que no se presentaron cambios de la pulpa fresca a la pulpa liofilizada, esto se debe a que el proceso de liofilización no altera las características fisicoquímicas, en la investigación realizada por Pardo et al., (2017 p. 7) en la pulpa fresca de maracuyá reportó un índice de refracción de 1,35, similar al obtenido en este estudio, mientras que en la fresa obtuvo igual índice de refracción a la de esta investigación de 1.34

Tabla 4-6: Análisis estadístico de medias del Test de Tukey

Estado de la pulpa*Análisis	N	Media	Agrupación				
Liofilizada Sólidos S.	3	8.42000	A				
Fresca Sólidos S.	3	7.51000		B			
Fresca pH	3	6.42667			C		
Liofilizado pH	3	6.19667				D	
Liofilizada Cenizas	3	3.30333					E
Fresca Cenizas	3	0.60333					F
Liofilizada Índice R.	3	1.34000					G
Fresca Índice R.	3	1.34000					G

Liofilizada Acidez T.	3 0.16333	H
Fresca Acidez T.	3 0.10000	H

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Realizado por: Asanza E., 2024.

En la tabla 4-5 se excluyó el análisis de humedad, a fin de poder realizar la prueba de Tukey puesto que al aplicar la liofilización se obtiene un resultado de humedad bajo ya que es un método de secado en frío que elimina el agua libre y parte del agua ligada, con esto, evita la proliferación de microorganismos conservándolo por un largo periodo de tiempo; de este modo, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa para el análisis del índice de refracción y acidez titulable, es decir, se conservaron sus propiedades, sin embargo, para el resto de los análisis son significativamente diferentes pero no de forma negativa, es decir, las propiedades fisicoquímicas mejoraron luego de haber aplicado el proceso de liofilización.

4.4. Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólicos e hidroalcohólicos.

Tabla 4-7: Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólicos e hidroalcohólicos de pulpa fresca y liofilizada

		EXTRACTOS HIDROALCOHÓLICOS Y ALCOHÓLICO DE PULPA FRESCA			EXTRACTOS HIDROALCOHÓLICOS Y ALCOHPÓLICO DE PULPA LIOFILIZADA		
ENSAYO	**METABOLITO**	**96%**	**50%**	**25%**	**96%**	**50%**	**25%**
Dragendorff	Alcaloides	+	+	+	+	+	+
Mayer	Alcaloides	+	+	+	+	+	+
Wagner	Alcaloides	+	+	+	+	+	+
Fehling	Azúcares reductores	+	++	++	++	++	+++
Espuma	Saponinas	-	+	+++	-	+	+++
Shinoda	Flavonoides	+	+	++	+	+	+
Cloruro Férrico	Fenoles y/o Taninos	+	+	++	+	+	++
Liebermann-Burchard	Triterpenos y Esteroides	+	+	-	-	-	-
Baljet	Cumarinas	+	+	+	+	+	+

Indicador: (-) Negativo, (+) Escasa evidencia (++) Evidencia Moderada (+++) Alta Evidencia.
Realizado por: Asanza E., 2024.

En la tabla 4-7 se puede evidenciar la presencia de algunos metabolitos, entre los de interés están los flavonoides y fenoles, demostrando la capacidad de extracción de cada uno de los solventes dando un indicativo de obtener polifenoles asociados a la capacidad antioxidante, si bien, en el tamizaje se demuestra cualitativamente la presencia de dichos metabolitos, no se sabe con certeza si se obtendrán concentraciones bajas o altas.

En una investigación realizada por Carvajal, (2018), en las hojas de *Artocarpus Heterophyllus lam* en extracto hidroalcohólico reportó una moderada presencia de flavonoides, demostrando que además de estar presente este metabolito en la hoja también está en la pulpa y probablemente en otras partes de la fruta como semilla y corteza.

4.5. Determinación de la concentración de polifenoles totales.

Se utilizó un ANOVA al 5% de significancia, el valor p del modelo (0,001) y (0,000) de pulpa fresca y liofilizada respectivamente evidenció que al menos uno de los promedios fue diferente; con ayuda del estimador de Tukey se seleccionó el extracto al 25% como el más eficaz en la extracción para ambos casos y los gráficos 4-1 y 4-2 de medias confirmaron que los extractos al 25% obtuvieron una mejor concentración de polifenoles.

Tabla 4-8: Determinación de la concentración de polifenoles de los extractos hidroalcohólicos y alcohólicos de la pulpa fresca y liofilizada.

	Extractos hidroalcohólicos y alcohólicos	**Conc. de polifenoles (mg Eq.AG/ 100g)**	**Valor p ANOVA**	**Tratamiento maximizador (Tukey)**
Pulpa fresca	25%	394,62	0,001	Extracto hidroalcohólico al 25%
	50%	391,76		
	96%	351,86		
Pulpa liofilizada	25%	308,08	0,000	Extracto hidroalcohólico al 25%
	50%	162,24		
	96%	151,44		

Realizado por: Asanza E., 2024.

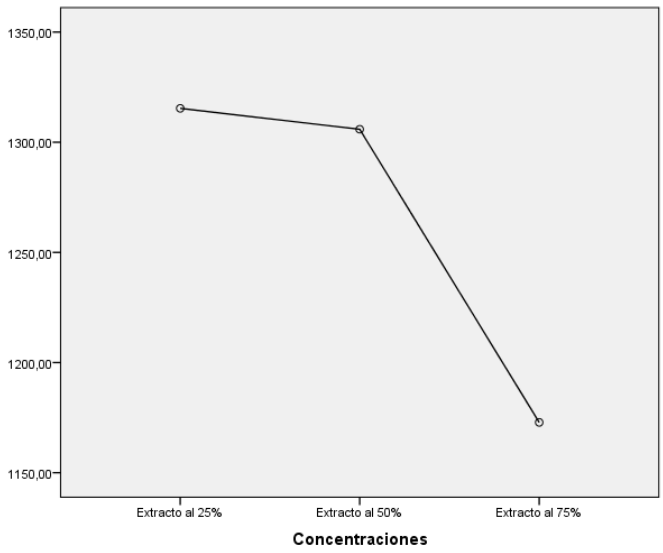


Gráfico 4-1: Grafico de medias de la pulpa fresca
Realizado por: Asanza E., 2024.

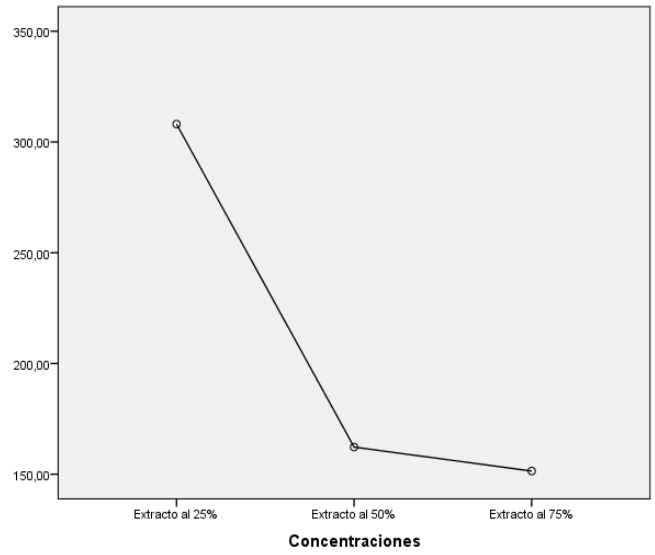


Gráfico 4-2: Grafico de medias de la pulpa liofilizada
Realizado por: Asanza E., 2024.

Los gráficos de medias confirmaron que los extractos al 25% de pulpa fresca y liofilizada obtuvieron una mayor concentración de polifenoles; sin embargo, para validar los hallazgos se realizó la comprobación de los supuestos del modelo y en torno a ello se cumplió normalidad, homocedasticidad e independencia entre los residuos del modelo al 5% de significancia.

En la tabla 4-8 se aprecia que el extracto al 25 % de pulpa fresca obtuvo mayor concentración de polifenoles (394,62 mg Eq.AG/ 100g) respecto a los otros extractos de pulpa fresca, en el estudio realizado por Zacarías et al., (2021 pp. 19-20) reporta 58,44 mg Eq.AG/ 100g, menor a la de este

estudio, esta variación se podria deber a la utilización de diferente solvente para la extracción, es decir, un solvente menos polar respecto al etanol 25% y un tiempo corto de maceración de 24 horas.

Según Chávez et al., (2022) reportó una concentración de 1178 mg Eq.AG/ 100g, un aumento notable respecto al encontrado en esta investigación de 394,62 mg Eq.AG/ 100g , esta variación se podría deber a que a pesar de ocupar etanol al 70% (menos polar respecto al etanol 25%) realiza una maceración de 15 días, pudiendo extraer mayor cantidad de polifenoles a diferencia de esta investigación que ocupó 3 días de maceración, factores como el estado de madurez de la pulpa, tiempo de recolección y región de cosecha puede influir en variabilidad de la concentración.

Referente a la pulpa liofilizada se observa una notable disminución en la concentración de todos los extractos respecto a la pulpa fresca, sin embargo, el extracto al 25% mantuvo la mejor extracción, según Irigoiti et al., (2019 p. 5) menciona que a pesar de que la liofilización es un método de secado no agresivo se podría presentar un cambio estructural en los polifenoles y por ende una disminución en la concentración de estos.

En la investigación realizada por Huachuhuillca, (2017 p. 56) en el fruto aguaymanto reportó 228,70 mg Eq.AG/ 100g para la pulpa fresca, mientras que para la pulpa liofilizada 223,44 mg Eq.AG/ 100g con una ligera disminución en la concentración, análogamente sucede con lo reportado por Irigoiti et al., (2019 p. 5) en extractos etanólicos de propóleos, obteniendo 420,00 mg Eq.AG/ g y 362,50 mg Eq.AG de pulpa fresca y liofilizada respectivamente.

4.6. Determinación de la actividad antioxidante in vitro de pulpa fresca y liofilizada.

Tabla 4-9: Evaluación de la actividad antioxidante de pulpa fresca y liofilizada al inicio y durante un periodo de conservación

	Extractos hidroalcohólicos	**Actividad antioxidante (µmol ET/L) 1er día**	**Actividad antioxidante (µmol ET/L) 15 avo día**
Pulpa fresca	25%	174,53	94,34
Pulpa Liofilizada	25%	329,00	324,00

Realizado por: Asanza E., 2024.

Para la comparación de la actividad antioxidante de la pulpa fresca y liofilizada se utilizó una prueba de hipótesis unilateral para muestras independientes tanto para la actividad antioxidante del día 1 como para la del día 15, los contrastes se plantean como sigue:

Análisis del día 1

Hipótesis

$H_0;\ \mu_l \leq \mu_f$

$H_1;\ \mu_l > \mu_f$

Hipótesis nula: La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es menor o igual a la actividad antioxidante de la pulpa fresca.

Hipótesis alternativa: La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es mayor a la actividad antioxidante de la fresca.

Nivel de significancia

$\alpha = 0{,}05$

Estadístico de prueba

Valor p = 0,02

Región de rechazo

Si el valor p es inferior o igual al nivel de significancia se rechaza la Hipótesis nula; en este caso la regla se cumple ($0{,}02 \leq 0{,}05$) por tanto se rechaza la Hipótesis nula.

Decisión

Se observó que la actividad antioxidante de la pulpa liofilizada fue superior a la actividad antioxidante de la pulpa fresca al término del primer día.

Análisis del día 15

Hipótesis

$H_0;\ \mu_l \leq \mu_f$

$H_1;\ \mu_l > \mu_f$

Hipótesis nula: La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es menor o igual a la actividad antioxidante de la pulpa fresca.

Hipótesis alternativa: La actividad antioxidante de la pulpa liofilizada es mayor a la actividad antioxidante de la fresca.

Nivel de significancia

$\alpha = 0{,}05$

Estadístico de prueba

Valor p = 0,032

Región de rechazo

Si el valor p es inferior o igual al nivel de significancia se rechaza la Hipótesis nula; en este caso la regla se cumple ($0{,}032 \leq 0{,}05$) por tanto se rechaza la Hipótesis nula.

Decisión

Se observó que la actividad antioxidante de la pulpa liofilizada fue superior a la actividad antioxidante de la pulpa fresca al término de los 15 días de su conservación.

En la tabla 4-9 se aprecia una diferencia significativa de la concentración entre la pulpa fresca y liofilizada, esta última posee mayor actividad antioxidante respecto a la fresca tanto al primer como quinceavo día, a pesar de que el contenido de polifenoles fue mayor en la pulpa fresca respecto a la liofilizada se puede atribuir la existencia de otros antioxidantes exógenos como antocianas, vitamina C u otros antioxidantes que le confiere dicha actividad.

Según Shofian et al., (2011 p. 4679) afirma que la liofilización es recomendada para componentes antioxidantes sensibles al calor como el ácido ascórbico, contrastando con lo reportado por Basilio et al., (2022 p. 18) en la pulpa de camu camu fresca y liofilizada con 1 557,38 mg de ácido ascórbico/100g y 14 332,98 mg de ácido ascórbico/100g respectivamente.

En la investigación realizada por Basilio et al., (2022 p. 18) del fruto camu camu fresco y liofilizado reportó una concentración de la actividad antioxidante de 165,47 mg Eq. ácid. asc. /100g y 1522,31 mg Eq. ácid. asc. /100g respectivamente, afirmando que la liofilización elevó la actividad antioxidante al evaporar el agua.

Para la comparación de la actividad antioxidante de la pulpa liofilizada y fresca se utilizó una prueba de hipótesis unilateral para muestras independientes tanto para la actividad antioxidante del día 1 como para la del día 15, los contrastes se plantean como sigue:

Análisis de la pulpa fresca

Hipótesis

$H_0;\ \mu_1 = \mu_{15}$

$H_1;\ \mu_1 \neq \mu_{15}$

Hipótesis nula**:** La media del día uno es igual a la media del día quince.

Hipótesis alternativa: La media del día uno es diferente a la medias del día quince.

Nivel de significancia

$\alpha = 0{,}05$

Estadístico de prueba

Valor p = 0,01

Región de rechazo

Si el valor p es inferior o igual al nivel de significancia se rechaza la Hipótesis nula; en este caso la regla se cumple ($0{,}01 < 0{,}05$) por tanto se rechaza la Hipótesis nula.

Decisión

Se observó que la actividad antioxidante de la pulpa fresca del primer día fue significativamente diferente a la actividad antioxidante de la pulpa fresca al término de los 15 días de su conservación.

Análisis de la pulpa liofilizada

Hipótesis

$H_0;\ \mu_1 = \mu_{15}$

$H_1;\ \mu_1 \neq \mu_{15}$

Hipótesis nula: Las medias del día uno es igual a las medias del día quince.

Hipótesis alternativa: Las medias del día uno es diferente a las medias del día quince.

Nivel de significancia

$\alpha = 0{,}05$

Estadístico de prueba

Valor p = 0,08

Región de rechazo

Si el valor p es inferior o igual al nivel de significancia se rechaza la Hipótesis nula; en este caso la regla se cumple ($0{,}08 > 0{,}05$) por tanto no se rechaza la Hipótesis nula.

Decisión

Se observó que la actividad antioxidante de la pulpa liofilizada del primer día no tuvo diferencia significativa al término de los 15 días de su conservación.

En la tabla 4-9 en la pulpa fresca se observa una disminución significativa en la actividad antioxidante al cabo del día 15 respecto al primer día, esta disminución se puede deber a la

condición de almacenamiento como la refrigeración; una investigación realizada por Domínguez et al., (2018) en la pulpa de guayaba en refrigeración reportó una disminución significativa del cultivar calvillo y peruano al cabo del séptimo día, siguiendo un comportamiento igual a la de esta investigación, así mismo, Soto et al., (2014) en la pulpa de la guayaba de la variedad criolla roja reportó una disminución del IC_{50} de 0,61 a 7,78 mg/mL, tomando en cuenta que a menor valor mayor actividad antioxidante.

Respecto a la pulpa liofilizada no hay diferencia significativa en la disminución de la actividad antioxidante a los 15 días de conservación respecto al primer día, esto se debe a que la liofilización es un método de secado no agresivo, generalmente conservando sus compuestos bioactivos por un largo periodo de tiempo.

CAPITILO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se obtuvo el liofilizado de la pulpa de *Artocarpus heterophyllus lam* con un rendimiento del 17%, el cual mantuvo sus propiedades fisicoquímicas, y alguna de estas características mejoraron tales como, pH, acidez titulable, minerales, sólidos solubles e índice de refracción.

- Los extractos al 25% obtuvieron mayor concentración de polifenoles en la pulpa fresca y liofilizada con 394,62 mg EAG/100g y 308,08 mg EAG/100g respectivamente, sin embargo, se observó disminución de los polifenoles en el liofilizado debido que el proceso de liofilización pudo haber alterado la estructura de los polifenoles.

- La concentración de la actividad antioxidante en la pulpa fresca al primer día fue 174,53 µmol ET/L, mientras que en la pulpa liofilizada 329,00 µmol ET/L, durante la conservación mantuvo mayor poder antioxidante la pulpa liofilizada respecto a la pulpa fresca, por lo tanto, a pesar de existir pérdida de polifenoles en el liofilizado esto se atribuye a la existencia de otros antioxidantes exógenos que mantuvieron y mejoraron dicha actividad en la pulpa liofilizada, con esto de demuestra que la pulpa de la fruta posee actividad antioxidante y puede ser considerada para el uso en la industria para la elaboración de un producto enfocado a la prevención de enfermedades.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda identificar los compuestos que le confiere la actividad antioxidante a la pulpa de *Artocarpus heterophyllus lam.*

- Se sugiere realizar pruebas antimicrobianas ya que existe la presencia de polifenoles

- Se recomienda realizar el estudio con un intervalo de tiempo más prolongado de conservación.

GLOSARIO

Sublimación: Proceso físico que consiste en el paso directo de estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido (Alvarado, 2023).

Desorción: Operación unitaria inversa con el fin de eliminar o recuperar componentes minoritarios de una corriente liquida por transferencia a una corriente gaseosa (Nix, 2022).

Pulpa: Es la parte comestible de las frutas, se la obtiene al separar la parte carnosa de cascara (Prados, 2019).

Agua libre: Moléculas que no tiene contacto directo con el sólido y pueden ser fácilmente eliminada (Velázquez, et al., 2000 p. 24).

Agua ligada: Es conocida como agua no congelable, son moléculas en contacto directo con otras moléculas estrechamente relacionadas con el sólidos (Velázquez, et al., 2000 p. 24)..

Estrés oxidativo: Proceso que experimental el cuerpo al estar frente a una producción exagerada de especies reactivas de oxígeno, o bien, a la disminución o inhibición de los mecanismos antioxidantes (Escarza, et al., 2020 p. 4).

Índice de refracción: El índice de refracción es una medida del comportamiento de la luz a medida que pasa a través de una muestra. Dependiendo de la composición de la muestra, la luz se refractará o reflejará de manera diferente (Hanna, 2022).

°Brix: Unidad de medida que representa la concentración total de materia seca, generalmente azúcares (Hidrolab, 2022)**.**

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACOSTA CASTRO, Mónica Lizzette. "**Polifenoles: compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2". *Revista digital RED CieN* [en línea], 2019, (México) 1(3), p. 14. [Consulta: 11 junio 2023] Disponible en: https://cmnutriologos.org/recursos/revista00_3.pdf

2. **ALVARADO, Marco**. *En qué consiste la Sublimación: Proceso y Aplicaciones.* [blog].2024. [Consulta: 01 Abril 2024]. Disponible en: https://situamos.com/educa/en-que-consiste-la-sublimacion/

3. **AMORES VIZUETE, Daniela de los Ángeles.** Evaluación Nutritiva y Nutraceútica de la mora de Castilla (Rubus glaucus) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 66-70. [Consulta:2024-02-29]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1989/1/56T00297.pdf

4. **AVELLO, Marcia & SUWALSKY, Mario.** "Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección".*Atena (Concepción)* [en línea], 2006, (Chile) n.494, pp. 165-167. [Consulta: 10 Junio 2023]. ISSN 0718-0462. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010

5. **BALIGA, Manjeshwar; et al.** "Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of Artocarpus heterophyllus Lam (jackfruit): A review". *Investigación Internacional de Alimentos* [en línea], 2011, (India) Vol. 44 (7), p. 1804. [Consulta: 11 Junio 2023]. Disponible en: 10.1016/j.foodres.2011.02.035

6. **CASTILLO, Bolívar; et al**. "Actividad Antioxidante, Polifenoles Totales y Tamizaje Fitoquímico de Chilangua (Eryngium Foetidum). *RECIAMUC* [en línea], 2022, (Ecuador) vol. 6 (3), p. 484. [Consulta: 01 Marzo 2024]. Disponible en: https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/930

7. **CORONADO, Marta; et al.** "Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana". *Revista Chilena de Nutrición* [en línea], 2015, (México) 42(2),p. 207. [Consulta: 21 Octubre 2023.]. ISSN 0717-7518. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art14.pdf.
8. **CORTEZ, Juan; et al. "**Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada:

Metodología para mejorar la especificidad del ensayo de Folin-Ciocalteu". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], 2018, (México), vol. 19(2), p. 2. [Consulta: 31 Enero 2024]. ISSN 1665-0204. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/813/81357541002/html/

9. **DOROTEO, Víctor Hugo; et al.** "Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas". *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea],2013, (Perú) 79(1), pp. 14-15. [Consulta: 15 Junio 2023]. ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937630003

10. **ESCARZA, Jorge; et al.** "Estrés oxidativo ¿un asesino silencioso?". *Educación química* [en línea], 2020, México, vol. 31(1), p. 4. [Consulta: 02 Abril 2024]. ISSN 0187-893X. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2020000100002

11. **GARRIDO, Gabino; et al.** "Fenoles y flavonoides totales y actividad antioxidante de extractos de hojas de Lampaya medicinalis F. Phil". *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research* [en línea], 2013, (Chile), vol 1(1), pp. 32-33. [Consulta: 31 Enero 2024]. ISSN 0719-4250. Disponible en: https://jppres.com/jppres/pdf/vol1/1_1_30.pdf

12. **GOSWAMI, Chayon; et al.** "Assessment of Physicochemical Properties of Jackfruits' (Artocarpus heterophyllus Lam) Pulps". *JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology* [En línea], 2011, (Bangladesh), vol 15 (3), pp 28-30. [Consulta: 29 Febrero 2024]. Disponible en:https://www.researchgate.net/publication/317713927_Assessment_of_Physicochemical_Properties_of_Jackfruits'_Artocarpus_heterophyllus_Lam_Pulps

13. **GULCIN, İlhami.** "Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview". *Archives of toxicology* [en línea],2020, (Turkey), p. 5. [Consulta: 10 Junio 2023]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3

14. **JAGTAP, Umesh; et al.** "Evaluation of Antioxidant Capacity and Phenol Content in Jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) Fruit Pulp". *Plant Foods Hum Nutr* [en línea],2010, (India) 65(2), p. 101. [Consulta: 13 Junio 2023]. Disponible en: 104 DOI 10.1007/s11130-010-0155-7

15. **LEÓN, Milagros; et al.** "La teoría del estrés oxidativo como causa directa del envejecimiento

celular". *Medi Sur* [en línea],2018, (Cuba) 16(5), p. 701. [Consulta: 07 junio 2023]. ISSN 1727-.897X. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2018000500012

16. **LUNA JIMÉNEZ, Brenda Nayetxi.** Determinación de las condiciones de pretratamientos para el proceso de secado de la pulpa de yaca o jaca (Artocarpus heterophyllus). [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro, Saltillo, México. 2018. p. 6. [Consulta: 11 Junio 2023.]. Disponible en: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45522.

17. **NAVAS RAMÍREZ, Juan Sebastián.** *Liofilización de Alimentos.* [en línea] Cali- Colombia: ReCiTeIA, 2006. [Consulta: 10 Junio 2023]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=hNCkTLfmPl4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lio filizaci%C3%B3n+de+alimentos&ots=poZcZFEjKe&sig=eg79qU42qw3RJXtYgWDV8qoqPH s&redir_esc=y#v=onepage&q=Liofilizaci%C3%B3n%20de%20alimentos&f=false

18. **NISAR, Mohammad; et al.** "Studies on impact of different drying Technique on". *The Pharma Innovation Journal* [en línea],2021, (India) 10(4), p. 59. [Consulta: 13 Junio 2023]. ISSN 2349-8242. Disponible en: https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue4/PartA/10-9-196-270.pdf

19. **NIX, Roger.** *El proceso de desorción.* [blog]. London. 2022. [Consulta: 02 Abril 2024]. Disponible en: https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_F%C3%ADsica_y_Te%C3%B3rica/Libro%3A_Ciencia_de_superficie_(Nix)/02%3A_Adsorci%C3%B3n_de_mol%C3%A9culas_en_superficies/2.06%3A_El_proceso_de_desorci%C3%B3n

20. **OMS.** Enfermedades no transmisibles. *Organización Mundial de la Salud*. [en línea]. 2022. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: https://www.who.int/es/news room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases.

21. **OPS. 2023.** Informe de Ecuador: Mejorando la salud cardiovascular desde comunidades locales hasta el nivel nacional con un enfoque participativo. *Organización Panamericana de la Salud.* [en linea]. 2023. [Consulta: 20 Octubre 2023]. Disponible en: https://www.paho.org/es/noticias/16-5-2023-informe-ecuador-mejorando-salud-cardiovascular-desde-comunidades-locales-hasta.

22. PARDO JUMBO, Annabell; et al. “Determinación de compuestos bioactivos y actividad

23. antioxidante de la pulpa de maracuyá (*passiflora edulis*). *Revista Ciencia UNEMI.* [en línea], 2017, (Ecuador) vol. 1 (1), p 7. [Consulta: 29 Febrero 2024]. ISSN-e 2602-8360. Disponible en: https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/facsalud-unemi/article/view/538/450

24. PARZANESE, Magali. *Liofilización de alimentos.* [blog]. Argentina, 2013.[Consulta: 10 Junio 2023]. Disponible en: https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=209#:~:text=La%20liofilizaci%C3%B3n%20es%20una%20t%C3%A9cnica,calor%20en%20condiciones%20de%20vac%C3%ADo

25. PERALTA VILLALVA, Víctor; et al. "Evaluación química, actividad antioxidante y cuantificación de flavonoides de la semilla y cáscara de yaca (Artocarpus heterophyllus Lam)". *Revista de Científica Multidiciplinar* [en línea], 2023, (México) 7(1), p. 7365. [Consulta: 13 Junio 2023]. ISSN 2707-2215. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4973

26. POWERS, Scott & SOLLANEK, kurt. *Ejercicio de resistencia y suplementación con antioxidantes: ¿tiene sentido o no? - parte 1. Sports Science Exchange* [en línea],2014, (Estados Unidos de América) 27(137), p. 2.[Consulta: 10 Junio 2023]. Disponible en:https://www.gssiweb.org/docs/librariesprovider9/ssepdfs/137_ejercicio_resistencia_final.pdf?sfvrsn=2

27. PRADO FUENTES, Enrique; et al. "Aplicación de la liofilización en la conservación de micro emulsiones usadas en alimentos funcionales y nutracéuticos: un caso de la ingeniería en alimentos". *Revista Académica de Investigación.* [en línea],2018, (España) Vol. 9 (29), pp. 296-299. [Consulta: 10 Junio 2023]. ISSN 19899300. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7337190

28. PRADOS. La pulpa de fruta en la industria moderna alimentaria. [Blog]. Sevilla. 2019.[Consulta: 02 Abril 2024]. Disponible en: https://despulpadoradefrutas.com/2019/08/29/la-pulpa-fruta-la-industria-moderna-alimentaria/

29. PUJOL, Anairis, et al. “Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta Sapindus saponaria L que crece en Cuba”. *Revista bionatura.* [en línea], 2020, (Cuba) Vol. 5 (3), p. 1212. [Consulta: 01 Marzo 2024]. 2588-0748. Disponible en:

https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/930

30. **QUIÑONES, M; et al.** "Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular". *Nutrición Hospitalaria.* [en línea], 2012, (España) 27(1), p. 77. [Consulta: 10 Junio 2023]. ISSN 1699-5198. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009

31. **RAIHANDHANY, Reza; et al.** "Yaca (Artocarpus heterophyllus) y árbol del pan (A. altilis): fitoquímica, farmacología, usos comerciales y perspectivas para la alimentación humana". *Journal ofTropical Biology & Conservation.* [en línea],2018, (Japón) v. 15. [Consulta: 08 Junio 2023]. ISSN 1823-3902. Disponible en: DOI: 10.51200/jtbc.v15i0.1477

32. **RAMOS, Erika & UDEO, Angélica.** Polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto acuoso y metanólico de la pulpa de jackfruit (Artocarpus heterophyllus lam). [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2019. p.13. [Consulta: 22 Octubre 2023.]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43778/1/BCIEQ-T0436%20Ramos%20Becerra%20Erika%20Dayana%3B%20Udeo%20Tagua%20Ang%C3%A9lica%20Mar%C3%ADa.pdf.

33. **REYES, José; et al.** "Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados". *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* [en línea],2021, (México) 9(1), p. 20. [Consulta: 11 Junio 2023]. Disponible en: https://doi.org/10.23850/24220582.4023

34. **RICCO, Rafael & WAGNER, Marcelo.** "Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad".*Lilloa.* [en línea], 2015, (Argentina) 52(2), p. 165.[Consulta: 11 Junio 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288180597_Metodos_empleados_en_el_analisis_de_l os_polifenoles_en_un_laboratorio_de_baja_complejidad

35. **ROJANO, Alberto; et al.** "Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açai Colombiano) (Euterpe oleracea Mart)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín* [en línea], 2011, (Colombia) 64(2), p. 6216. [Consulta: 11 Junio 2023]. ISSN 0304-2847. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922664018

36. **SAAVEDRA MALDONADO, Octavio; et al.** "Radicales libres y su papel en las enfermedades". *Revista Médica -Universidad Veracruzana.* [en línea], 2010, (México), p. 33. [Consulta: 10 Junio 2023]. Disponible en: http://reini.utcv.edu.mx/jspui/bitstream/123456789/876/1/Radicales%20libres%20y%20su%20p apel%20en%20las%20enfermedades.pdf

37. **SÁNCHEZ, Vicente & MÉNDEZ, Nahum.** "Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad". *Rev Invest Med Sur Mex* [en línea], 2013, (México) 20(3), pp. 162-167. [Consulta:11 junio 2023]. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2013/ms133e.pdf

38. **SHRINATH, Manjeshwar; et al.** "Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of Artocarpus". *Food Research International* [en línea],2011, (India) 44(7). [Consulta: 08 Junio 2023]. Disponible en: 10.1016/j.foodres.2011.02.035

39. **SIVARANJINI; et al.** "Determination of total antioxidant capacity, phenols and flavonoids in jack fruit seed flour". *International Journal of Applied Research* [en línea], 2020, (India) 6(5), p. 171. [Consulta: 13 Junio 2023]. ISSN 2394-5869. Disponible en: https://www.allresearchjournal.com/archives/2020/vol6issue5/PartC/6-5-24-717.pdf

40. **SURCO, Felipe; et al.** "Efectos de liofilización sobre composición química y capacidad antioxidante en pulpa de cuatro variedades de Mangifera indica". *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], 2017, (Perú), vol. 83(4), pp. 415-416. [Consulta: 29 Febrero 2024]. ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000400006

41. **VELÁZQUEZ, M; et al.** "Cuantificación por IR del agua directamente unida a una matriz polimérica" *Superficies y vacío* [en línea], 2000, (México) 11, p. 24. [Consulta: 02 Abril 2024]. ISSN 1665-3521. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/942/94201104.pdf

42. **YANG, Li; et al.** *Jaca: La Reina de las Frutas Tropicales.* [blog]. 2020. [Consulta: 21 Mayo 2023]. Disponible en: https://news.sina.cn/2020-06-05/detailiirczymk5347364.d.html.

43. **YUYING, Liao & LICHAO, Zhao.** *¿Qué tipo de fruta es la jaca? ¿Cuáles son los beneficios para el cuerpo?* [blog]. 2022. [Consulta: 11 Junio 2023]. Disponible en: https://zhuanlan.zhihu.com/p/492714505?utm_id=0.

44. **ZACARÍAS CANTILLO, Juan Cristóbal; et al.** "Nutritional and antioxidant quality of Jackfruit (Artocarpus heterophyllus)". *Current Topics in Agronomic Science* [en línea], 2021, (México) 1(1), pp. 19-20. [Consulta: 13 Junio 2023]. Disponible en: https://revistas.chapingo.mx/ctasci/article/view/r.ctasci.2021.06.17ª

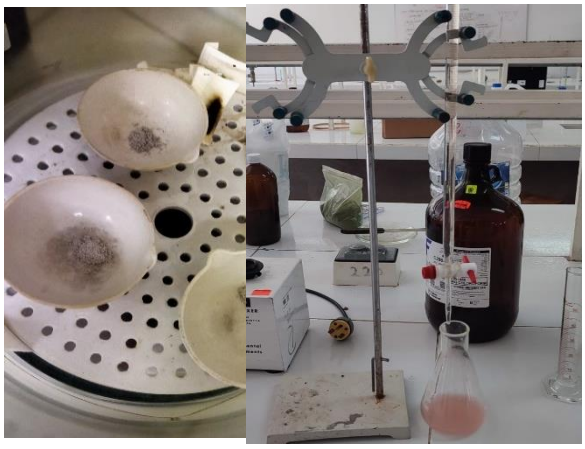
ANEXOS

ANEXO A: DESINFECTADO Y DESPULPADO DE JACKFRUIT

ANEXO B: LIOFILIZACIÓN DE LA PULPA

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL LIOFILIZADO DE LA PULPA DE JACKFRUIT

ANEXO D: CONTROL DE CALIDAD DE LA PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA

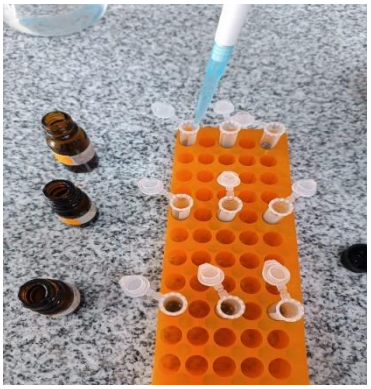


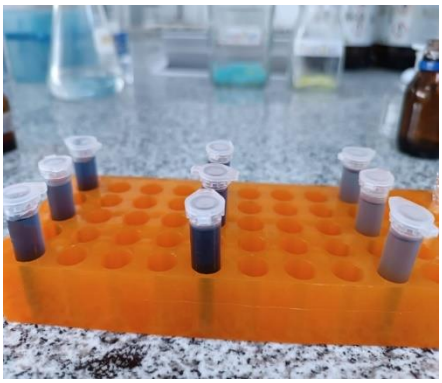
ANEXO E: ANÁLISIS FISICOQUÍMICAS DE LA PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA

ANEXO F: OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS DE PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA

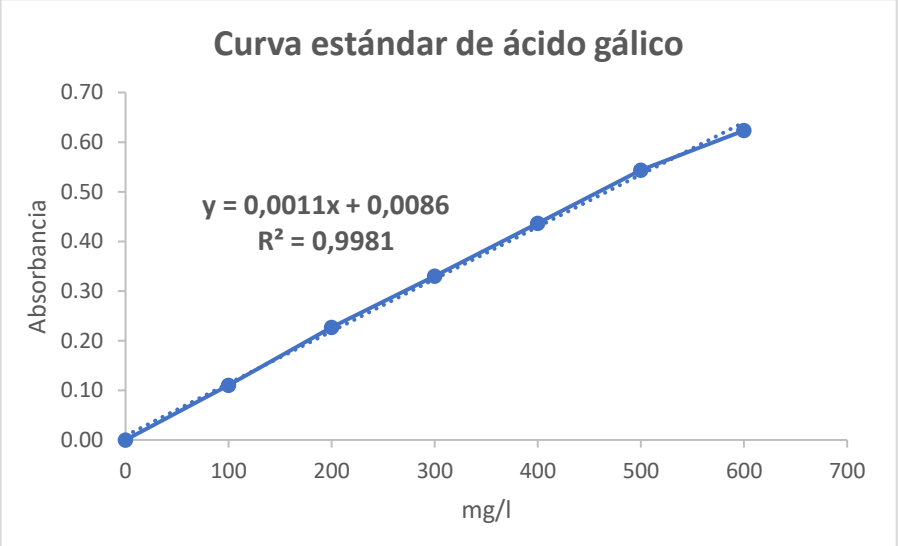
ANEXO G: TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE PULPA FRESCA Y LIOFILIZADA

ANEXO H: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES



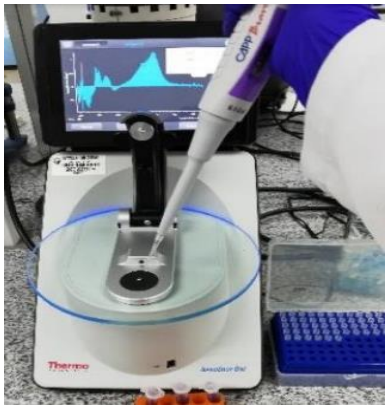


ANEXO I: CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO GÁLICO

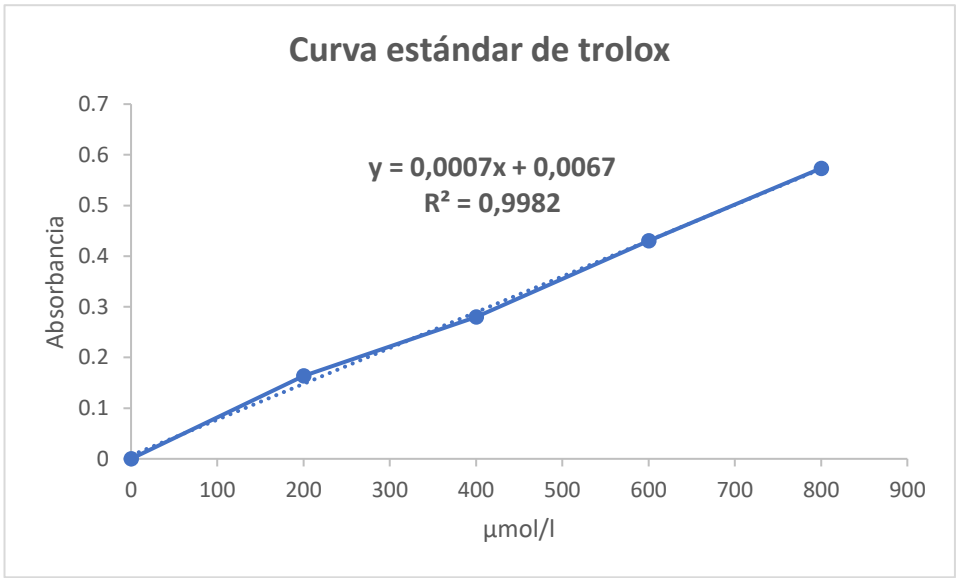


ANEXO J: CONSERVACIÓN DE LA PULPA LIOFILIZADA

ANEXO K: DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO



ANEXO L: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 27/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Elian Geovanny Asanza Romero
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímico Farmacéutico
BQF. John Marcos Quispillo Moyota, MSc. **Director del Trabajo de Integración Curricular** **BQF. Valeria Isabel Rodríguez Vinueza, MSc.** **Asesora del Trabajo de Integración Curricular**