UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

“Efecto de los métodos de cocción sobre la composición nutrimental y bioaccesibilidad *in vitro* de antioxidantes y saponinas de flores de palma (*Yucca spp.*)”

Tesis que para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS Y DE LA SALUD

Presenta:

L.N. MARIEL GUADALUPE VALENCIA CORDOVA

Director(a) de Tesis

DRA. NELLY DEL SOCORRO CRUZ CANSINO

Co-Director(a) de Tesis

DRA. QUINATZIN YADIRA ZAFRA ROJAS

San Agustín Tlaxiaca Hgo. Agosto de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Medical Sciences
Área Académica de Medicina
Department of Medicine

20/julio/2022
AAM/MCBS/091/2022
Asunto: Asignación de Jurado de Examen

Mariel Guadalupe Valencia Córdova
Alumna de la Maestría en Ciencias Biomédicas y de la Salud

Por este conducto le comunico el jurado que le fue asignado a su Tesis titulada "Efectos de los métodos de cocción sobre la composición nutrimental y bioaccesibilidad *in vitro* de antioxidantes y saponinas de flores de palma (*Yucca spp.*)" con el cual obtendrá el **Grado de Maestra en Ciencias Biomédicas y de la Salud**; después de revisar la tesis mencionada y haber realizado las correcciones acordadas, han decidido autorizar la impresión de la misma.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del jurado:

PRESIDENTE	Dra. Jeannett Alejandra Izquierdo Vega
PRIMER VOCAL	Dra. Nelly del Socorro Cruz Cansino
SECRETARIO	Dra. Quinatzin Yadira Zafra Rojas
SUPLENTE	Dra. Esther Ramírez Moreno
SUPLENTE	Dr. Luis Delgado Olivares

Sin otro asunto en particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO DIRECCIÓN

M.C. ESP. ADRIAN MOYA ESCALERA
DIRECTOR

DRA. LYDIA LÓPEZ PONTIGO
COORDINADORA DE POSGRADO ICSA

DR. MANUEL SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
COORDINADOR DEL PROGRAMA

Circuito ex-Hacienda La Concepción s/n Carretera Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P. 42160
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 4308,2361,4346,4310
medicina@uaeh.edu.mx

De manera respetuosa y sincera quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), ya que durante el desarrollo de este trabajo me proporcionó una beca de manutención con número 772052 y CVU 1077214, porque la oportunidad brindada fue de especial ayuda para mi crecimiento académico y personal.

Por otro lado, expreso mi especial agradecimiento a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, así como al programa educativo de la Maestría en Ciencias Biomédicas y de la Salud, por su admisión en el proceso de selección para estudiar este posgrado, pues los conocimientos y experiencias adquiridas durante el proceso para mi formación, fueron invaluables.

Agradezco el espacio dentro de sus instalaciones de los laboratorios de investigación: "Laboratorio de tecnofuncionalidad de alimentos", "Laboratorio de alimentos funcionales y nutracéuticos" del Área Académica de Nutrición, así como a los responsables la Dra. Nelly del Socorro Cruz Cansino y el Dr. Ernesto Alanís García, ya que el uso de los equipos y reactivos me permitió realizar las pruebas pertinentes para este trabajo. Por otro lado, agradezco al "Laboratorio de Toxicología" del Área Académica de Medicina, y a la Doctora Jeannett Izquierdo Vega por su apoyo y tiempo para la determinación de actividad hemolítica.

Finalmente, mi gratitud a la Escuela Superior de Apan, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por el lugar en el laboratorio de microscopía electrónica por el apoyo para el análisis del contenido mineral de las flores de palma.

Éxito

El tener éxito, pienso,
esta muy mal entendido,
confundimos el sentido,
pues el término es extenso,
en su aceptación es propenso
a confundirse con fama,
la presunción nos reclama
un estilo vanidoso,
para mi el hombre exitoso,
hace, da y vive lo que ama

Ernesto López Ortega

*Dedicado a mis **familias**, en la que crecí,*
porque nunca me ha dejado sola
y a la que hoy he construido

El agradecimiento, es la memoria del corazón*.*

Quiero iniciar haciendo una mención especial a mi padre: ***Vulfrano valencia****, porque estuvo a mi lado entre espinas, árboles, palmas y cerros para que fuera posible obtener las flores de este trabajo, porque esos momentos caminando, recolectando, batallando, riendo y en la carretera los guardaré por siempre en mi corazón, y a mi madre* ***Guadalupe Cordova****: por ayudarme a limpiar y acomodar las flores, por escuchar siempre todos mis problemas, por cada plato de comida que me serviste cuando llegaba hambrienta, gracias papás porque a pesar de que ya crecí, siguen a mi lado, apoyándome en todas las decisiones que tomo, viviendo conmigo lo difícil, pero también las alegrías, gracias por creer en mí incondicionalmente, y por cuidar y darle todo su amor a mi hijo, gracias porque ustedes son mi respaldo más grande.*

A mi hijo ***Christian Gael****, gracias por todo el tiempo que estuviste sentado a mi lado esperando que terminara de escribir para estar contigo, gracias por darme tu amor y paciencia, pero sobre todo gracias porque cada vez que la frustración y desesperación me invadían, me hiciste reír y desaparecías todos mis problemas, gracias hijo por llenarme de felicidad; todo esto es por nosotros, porque quiero darte una vida digna, feliz y completa. Eres mi más grande tesoro y mi mayor motivación.*

A mi pareja ***David Hernández*** *por la atención y tiempo que me dedicaste en todo el proceso de este trabajo, por ayudarme a recolectar las flores y a reparar mis problemas tecnológicos, gracias por tu incondicional apoyo, por tus palabras y por la forma en que me impulsas a mejorar y terminar todo lo que inicio, por estar pendiente y dispuesto a ayudarme cuando lo necesito, y porque nunca dejaste que me olvide lo capaz e importante que soy y por nunca dejarme sola.*

A mi hermano, cuñadas, sobrinos *y el resto de mi familia, a la cual no puedo escribir cada nombre porque nunca terminaría, pero sinceramente agradezco su comprensión, cariño, tiempo y confianza, porque sé que en ustedes me puedo apoyar y siempre estarán ahí para mi.*

*A mis amigos****:*** ***Mariana****, por seguir a mi lado, acompañándome y escuchándome, porque a pesar de que nuestros caminos se han separado sé que estás para mi, gracias por darme tiempo y por siempre cultivar nuestra amistad, always;* ***Betty****, por tu paciencia y humor, por tu lealtad y que siempre estás dispuesta a ayudar en todo, por ser una amiga constante e incondicional, por todos*

estos años de convivencia diaria, gracias; ***Fer*** *agradezco el volver a trabajar juntas, el verte llegar siempre con una sonrisa y dispuesta a dar tu ayuda, gracias por impulsarme y no dejar que me rinda en todo lo que viene, gracias por el tiempo;* ***Ara,*** *gracias por todos los desayunos o comidas, por esas charlas de horas o minutos, por las risas y también por aguantar las lágrimas, gracias por que en tan poco tiempo te convertiste en una amiga del corazón;* ***Lis*** *por tu ayuda en este trabajo, por esos desayunos y regalos escondidos, por tu confianza y cariño, por compartir las risas pero también los traumas y las frustraciones;* ***Mtra. Gloria*** *por tu ayuda, por encaminarme y orientarme siempre que lo necesité, por esos momentos de felicidad,* ***Dr. Salvador*** *por el cafecito mañanero y por todos los consejos, por siempre me escucharme y apoyarme,* ***Mtra Eli y Zacnité*** *por las pláticas en el laboratorio por las risas pero también por el apoyo y comprensión tanto en la investigación como en esta labor de ser mamás,* ***a L. Piedad, Ma. Fer, Josh, Lorena, Ernesto y Amparo,*** *por su forma de apoyo incondicional y sincero, por sus palabras de aliento y por alimentar mi corazón con la más sincera amistad. A mi directora y codirectora,* ***la Dra. Nelly Cruz y Dra. Quinatzin Zafra****, por estar siempre pendientes, por impulsarme y ayudarme a mejorar, por todo el apoyo, enseñanza, respaldo, confianza y largas horas de trabajo. Me llevo el mejor de los recuerdos de haber sido parte del equipo de trabajo que han construido. Mi sincero respeto a su labor.*

A los doctores que formaron parte de mi evaluación, ***Dra. Esther, Dr. Luis y Dra. Jeannett*** *por su tiempo, trabajo, dedicación y atención para que este proyecto se culminara.*

A mi grupo, Dra. Jeannett y Dr. Manuel*, por todo el trabajo y acompañamiento en este proceso con los que conviví, reí y también me preocupé, un placer haber coincidido.*

A Dios*, por llenarme de privilegios, capacidades y libertad para lograr todo lo que se ha propuesto,* ***y agradezco a todo aquel que contribuyo*** *en este logro, aunque no esté su nombre escrito en este texto, porque estuve rodeada de buenas y respetuosas personas que cada una a su forma me ayudó a terminar esta meta.*

Finalmente me gustaría agradecerme, porque reconozco el gran valor, trabajo y dedicación que puse en estos dos años, por superar todos los obstáculos y hoy lograr compartir todo lo aprendido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS ***1***

ÍNDICE DE TABLAS ***2***

ABREVIATURAS ***3***

RESUMEN ***4***

ABSTRACT ***5***

I. INTRODUCCIÓN ***6***

1. Generalidades 7

1.1 Obesidad y su clasificación 7

1.2 Epidemiología de la obesidad 8

1.3 Tratamiento y prevención de la obesidad 9

1.4 Florifagia en México 10

1.4.1 Morfología de la flor. 11

1.5 Aporte nutrimental de flores comestibles 13

1.6 Uso de las flores comestibles en la cocina mexicana 14

1.7 Compuestos bioactivos y antioxidantes en flores comestibles 14

1.8 Saponinas 16

1.9 Usos en la medicina tradicional de la flor de palma (*Yucca filifera)* 16

1.10 Métodos de cocción de las flores comestibles y uso gastronómico de la flor de palma yuca 17

1.11 Beneficios y antinutrientes de las flores comestibles 17

1.12 Antinutrientes en la flor de palma *(Y. filifera)* 18

II. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA ***19***

2.1 Uso de compuestos bioactivos coadyuvantes en la terapia antiobesidad y prevención de la obesidad 19

2.1.1 Efecto biológico de las saponinas en la obesidad 19

2.1.2 Efecto biológico de la fibra en la obesidad 20

2.2 Planteamiento del problema 21

III. JUSTIFICACIÓN ***22***

IV. HIPÓTESIS ***23***

V. OBJETIVOS ***23***

5.1 Objetivo General 23

5.2 Objetivos específicos 23

VI. MATERIALES Y MÉTODOS ***24***

6.1 Tipo y diseño de estudio 24

6.2 Selección de la población, criterios de inclusión y exclusión 24

6.3 Tamaño de la muestra y muestreo 24

6.4 Definición de variables 25

6.5 Diagrama del diseño experimental 27

6.6 Métodos 30

6.6.1 Análisis químico proximal 30

6.6.2 Propiedades funcionales de la fibra. 35

6.6.3 Antioxidantes. 36

6.6.4 Saponinas mediante actividad hemolítica 39

6.6.5 Bioaccesibilidad *in vitro* 40

6.6.6 Análisis estadístico 41

VII. RESULTADOS ***42***

7.1 Análisis químico proximal de las flores de palma yuca 42

7.2 Índice de refracción de la grasa 44

7. 3 Propiedades funcionales 45

7.4 Contenido antioxidante y su bioaccesibilidad *in vitro* 46

7.5 Capacidad antioxidante y su bioaccesibilidad *in vitro* 48

7.6 Saponinas mediante actividad hemolítica 50

VIII. DISCUSIÓN ***53***

8.1 Cambios nutrimentales en las flores de palma (*Y. spp*) durante los tratamientos de cocción. 53

8.2 Modificación del contenido mineral de flores de palma (*Y. spp*) por dos diferentes métodos de cocción..... 54

8.3 Similitud del perfil de ácidos grasos de las flores de palma (*Y. spp*) con otros aceites. 55

8.4 Impacto del tratamiento de cocción sobre las propiedades funcionales de las flores de palma (*Y. spp*). 56

8.5 Comportamiento de fenoles totales y ácido ascórbico en las flores de palma (*Y. spp*) con tratamientos térmicos de cocción y su impacto en la bioaccesibilidad *in vitro*. 57

8.6 Capacidad antioxidante en las flores de palma (*Y. spp*) después del asado y hervido... 60

8.7 Cambios saponinas por temperatura en la cocción de flores de palma (*Y. spp*) y comportamiento durante la bioaccesibilidad *in vitro*..... 62

IX. CONCLUSIONES*..... *65

X. RECOMENDACIONES*..... *66

XI. REFERENCIAS*..... *67

XI. ANEXOS*..... *84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flores de palma. 11
Figura 2. Estructura típica de la flor. 12
Figura 3. Partes de la flor de palma (*Yucca filifera* Chabaud). 12
Figura 4. Diseño experimental 29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico proximal de las flores de palma (*Y. spp*) en base seca. 43
Tabla 2. Contenido mineral en flores de palma (*Y. spp*) 43
Tabla 3. Índice de refracción de la grasa de flores de palma (*Y. spp*) 44
Tabla 4. Propiedades funcionales de flores de palma (*Y. spp*) 45
Tabla 5. Contenido antioxidante de flores de palma (*Y. spp)* 46
Tabla 6. Porcentaje de absorción intestinal del contenido antioxidante de las flores de palma (*Y. spp*) 47
Tabla 7. Capacidad antioxidante en flores de palma (*Y. spp*) y su bioaccesibilidad *in vitro* .. 49
Tabla 8. Porcentaje de absorción *in vitro* de la capacidad antioxidante de flores de palma (Y. spp) 49
Tabla 9. Actividad hemolítica en flores de palma (*Y. spp*) y su bioaccesibilidad *in vitro.* 51
Tabla 10. Concentración Inhibitoria 50 de flores de palma (*Y. spp*) 52

ABREVIATURAS

BS: Base Seca

EAA:Equivalentes de Ácido Ascórbico

EAG: Equivalentes de Ácido Gálico

EFe (II): Equivalentes de Hierro valencia II

ENSANUT: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

FC: Flores Comestibles

FT: Fenoles totales

IMC: Índice de Masa Corporal

kg: Kilogramo

mg: Miligramo

OMS: Organización Mundial de la Salud

SP: Saponinas

TO: Tratamiento de la obesidad

YfC: *Yucca filifera* Chabaud

YgB: *Yucca guatemalensis* Baker

µL: Microlitros

µmol: Micromoles

RESUMEN

En el estado de Hidalgo es común la ingesta de flores comestibles (FC), las provenientes de la yuca son de consumo frecuente. De manera tradicional, únicamente son consumidos los pétalos combinados con otros alimentos. Actualmente no hay investigaciones que evidencien la composición nutrimental y aporte de compuestos biológicamente activos cuando las flores se han sometido a procesos de cocción, aunque se ha reportado que las provenienes de la yuca tienen en su composición fibra dietética y saponinas, las cuales pueden ser utilizadas en el tratamiento de la obesidad (TO). Basándose en lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue evaluar el efecto de los métodos de cocción (asado y hervido) de dos especies de flores de palma mediante análisis de contenido nutrimental, propiedades funcionales y bioaccesibilidad *in vitro* de antioxidantes y saponinas con el propósito de emplearla como un posible coadyuvante en el TO. Para este estudio, fueron recolectadas dos especies de esta flor, *Yucca guatemalensis* Baker (YgB) y *Yucca filifera* Chabaud (YfC) en Atotonilco el Grande, municipio del estado de Hidalgo. Únicamente fueron estudiados los pétalos de la flor, y se aplicaron dos métodos de cocción (hervido y asado) y los pétalos crudos fueron utilizados como muestra control. En los resultados la cocción afectó al contenido nutrimental, ya que en las flores hervidas aumentaron significativamente ($p < 0.05$) su contenido en proteína (YgB: 22.21% y YfC: 23.72%) y disminuyeron ($p < 0.05$) el contenido de carbohidratos (YgB: 3.98% y YfC: 3.82%). En cuanto al contenido de grasa la especie YfC después del proceso de asado (40.10%) fue alta ($p < 0.05$) comparada con el resto. Por otro lado, la flor YfC hervida presentó los valores mayores ($p < 0.05$) de fibra total, insoluble y soluble (40.67, 26.12, 14.54% respectivamente). Asimismo, en las propiedades funcionales, las flores hervidas presentaron mayor ($p < 0.05$) capacidad de retención de lípidos (YgB:4.44% y YfC: 4.34%) y de agua (YgB:12.95 y YfC: 13.08%). La especie YfC asada mostro valores altos estadísticamente significativos de capacidad antioxidante determinada por ABTS•, FRAP y contenido de ácido ascórbico (3055.05 μmol/ET/100g, 144.37 μmol EFe(II)/100g, 200 mgEAA/100g; respectivamente) respectivamente, en estas pruebas hubo disminución en la fracción bioaccesible, mientras que la capacidad antioxidante por DPPH incrementó en todas las muestras, resaltando la flor cruda de YfC (4043.43 μmol ET/100g) por tener los valores más altos ($p < 0.05$). Conforme a los resultados obtenidos las flores de palma, pueden aportar compuestos y actividades relevantes, los cuales podrían tener la posibilidad de implementarse como un complemento al TO.

Palabras clave: Yucca, cocción, antioxidantes, bioaccesibilidad, saponinas, fibra y obesidad

ABSTRACT

In the state of Hidalgo, the intake of edible flowers (EF) is common, those from cassava are frequently consumed. Traditionally, only the petals combined with other foods are consumed. Currently there is no research that shows the nutritional composition and contribution of biologically active compounds when the flowers have been subjected to cooking processes, although it has been reported that the origins of cassava have dietary fiber and saponins in their composition, which can be used in the treatment of obesity (TO). Based on the above, the objective of this work was to evaluate the effect of cooking methods (roasted and boiled) of two species of palm flowers through analysis of nutritional content, functional properties, and *in vitro* bioaccessibility of antioxidants and saponins with the purpose of using it as a possible coadjuvant in TO. For this study, two species of this flower were collected, Yucca guatemalensis Baker (YgB) and Yucca filifera Chabaud (YfC) in Atotonilco el Grande, a municipality in the state of Hidalgo. Only the flower petals were studied, two cooking methods were applied (boiled and roasted) and the raw petals were used as a control sample. In the results, cooking affected the nutritional content, since boiled flowers significantly increased ($p < 0.05$) their protein content (YgB: 22.21% and YfC: 23.72%) and decreased ($p < 0.05$) carbohydrate content (YgB: 3.98% and YfC: 3.82%). Regarding the fat content, the YfC species after the roasting process (40.10%) was high ($p < 0.05$) compared to the rest. On the other hand, the boiled YfC flower presented the highest values ($p < 0.05$) of total, insoluble and soluble fiber (40.67, 26.12, 14.54% respectively). Likewise, in the functional properties, the boiled flowers presented higher ($p < 0.05$) lipid retention capacity (YgB: 4.44% and YfC: 4.34%) and water (YgB: 12.95 and YfC: 13.08%). The roasted YfC species showed statistically significant high values of antioxidant capacity determined by ABTS•, FRAP and ascorbic acid content (3055.05 µmol/TE/100g, 144.37 µmol EFe(II)/100g, 200 mgAAE/100g; respectively), respectively, in In these tests, there was a decrease in the bioaccessible fraction, while the antioxidant capacity by DPPH increased in all samples, highlighting the YfC crude flower (4043.43 µmol TE/100g) for having the highest values ($p < 0.05$). According to the results obtained, palm flowers can provide relevant compounds and activities, which could have the possibility of being implemented as a complement to TO.

Keywords: Yucca, cooking, antioxidants, bioaccessibility, saponins, fiber and obesity

.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los problemas importantes de Salud Pública es la obesidad, debido a las elevadas cifras de población con el padecimiento, en México el 75.2% de personas de 20 años y más, padecen de obesidad y sobrepeso de los cuales un 36.1% corresponde a obesidad y 39.1% a sobrepeso (1), esta enfermedad es caracterizada por el excesivo almacenamiento de grasa en el cuerpo (2), su tratamiento puede ser de tipo nutricional (3) o farmacológico (4), si estos no proporcionan resultados favorables, se puede emplear un tratamiento quirúrgico (5). Además, es importante resaltar que se busca que los tratamientos para la obesidad sean lo menos invasivos posible, por lo que la implementación de alimentos tradicionales libres de compuestos nocivos, que aporten sustancias bioactivas son una buena alternativa. Dentro de la alimentación tradicional existe la florifagia, que se refiere a el consumo gastronómico de flores (6), y hoy en día se les ha prestado atención por su bajo aporte calórico (7). Dentro de las especies consumidas en Hidalgo, se encuentran las flores de palma, también conocidas como chochas, flor de izote, entre otros, esta flor es endémica de zonas áridas y semiáridas (8), y presentan ciertos compuestos con actividad biológica, principalmente las saponinas (esteroidales) y la fibra dietética (9), vinculados a efectos benéficos en los pacientes con obesidad (10,11).

En la primera sección de esta tesis se puede encontrar información actualizada que brinda el contexto de la investigación, desde la descripción de la enfermedad de la obesidad, epidemiología, tratamiento y prevención, seguido de una descripción del uso de FC su aporte nutrimental y de compuestos bioactivos, y se termina enmarcando las investigaciones donde obtuvieron beneficios a partir de compuestos biológicamente activos de origen vegetal en la obesidad.

En la segunda sección se describen de manera detallada las metodologías para determinar en análisis químico proximal, las propiedades funcionales, contenido antioxidante, capacidad antioxidante, actividad hemolítica y la bioaccesibilidad *in vitro* de los compuestos en las flores de palma, así como el análisis de los resultados obtenidos de las pruebas y su respectivo análisis estadístico para conocer las diferencias significativas, al igual que la comparación de los resultados obtenidos con otros estudios.

Finalmente las conclusiones, anexos (consentimiento informado) y referencias con la finalidad de contribuir a trabajos futuros.

1. Generalidades

1.1 Obesidad y su clasificación

La obesidad se puede definir como el "anormal o excesivo almacenamiento de grasa en el organismo", que se genera a partir de distintas causas como el desbalance energético, efectos secundarios de medicamentos o patologías genéticas (2). Relacionado al diagnóstico lo más común es emplear la medición de índice de masa corporal (IMC) que corresponde a la relación entre el peso expresado en kilos y el cuadrado de la altura, pero es importante incluir los términos de la distribución de la grasa, esto se puede hacer en base a la evaluación de las circunferencias de cintura y cadera (12). Para proporcionar un tratamiento adecuado es importante conocer los procesos fisiopatológicos de la expresión de esta enfermedad.

Para el desarrollo de la obesidad existen múltiples causas tanto fisiopatológicas como psicológicas, algunas de ellas se mencionan en los siguientes puntos:

- En la actualidad las modificaciones en el ADN, específicamente en el gen IGF2 (Factor de crecimiento insulínico tipo 2) han tomado importancia, debido a que a esta anomalía se le atribuye la elevada prevalencia de las enfermedades metabólicas, principalmente la intolerancia a la glucosa (13). Se ha observado, en un modelo animal en periodo de gestación, que un alto consumo de grasas y bajo en proteínas se asocia estrechamente al aumento de adiposidad y enfermedades metabólicas (14).
- Una de las causas ampliamente mencionadas, son los malos patrones alimenticios, con el aumento progresivo de la obesidad en la población, que propiamente es el incremento en el consumo de calorías que no son gastadas (15). Uno de los conceptos novedosos es la adiposopatía como causa de la obesidad, que es la alteración anatómica y funcional de las células específicas del tejido adiposo, y es generada a partir del balance calórico positivo y que da como resultado la presencia de enfermedades metabólicas (6).
- Por otra parte, el enfoque de las emociones en la expresión de la obesidad ha sido evidenciada, ya que se ha añadido el término "ingesta emocional", que se refiere a la ingesta de alimentos como reacción a emociones y no relacionada con la

necesidad básica fisiológica, lo que lleva a un resultado de aumento en el IMC en los individuos (17).

En la práctica clínica la clasificación de la obesidad es importante, ya que ayuda a identificar en los pacientes cuáles son los factores de riesgo o comorbilidades que pueden ser ocasionadas por la condición (12).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), determina que para adultos un IMC entre 18.5 y 24.9 se interpreta como normalidad, igual o mayor a 25, tiene como diagnóstico sobrepeso, e igual o mayor a 30 se le denomina obesidad y por último un IMC mayor o igual a 40 como obesidad grave (18), sin embargo, existen puntos de corte para cada grupo etario; Debido a los factores de riesgos que se le atribuyen a esta enfermedad es necesaria la prevención y tratamiento, además, para el personal encargado de la atención a la población resulta importante conocer las cifras de personas con el padecimiento para la creación de medidas preventivas y de atención.

1.2 Epidemiología de la obesidad

Los principales cambios que provocaron una aceleración marcada en el crecimiento de la obesidad y sobrepeso en la población mexicana, fueron las transformaciones en la demanda alimentaria, así como en las actividades productivas de la población trabajadora, y la falta de oportunidades laborales, que como consecuencia, se hace presente la migración convirtiendo el medio demográfico de las ciudades en un medio saturado (19). Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2018), en el grupo etario de 0 a 4 años, el 8.4% en poblaciones urbanas padecen sobrepeso, mientras que en poblaciones rurales el 7.8% tiene esta condición. En el siguiente grupo etario, de 5 a 12 años, referente a las poblaciones urbanas un 18.4% padecen sobrepeso y un 19.5% obesidad, por otro lado en el ámbito rural el 17.4% presenta sobrepeso y un 12.3% obesidad, en cuanto a los adolescentes de 12 a 19 años el 24.7% tiene sobrepeso y el 15% obesidad en la población urbana, en cambio en la población rural el 21% padece sobrepeso y 13.6% obesidad, en este grupo, el estado de Hidalgo tiene un 13.2% de población de entre 12 a 19 años con obesidad. Por último, en la población de 20 años y más, a nivel nacional el porcentaje es de 75.2 % de personas que padecen de obesidad y sobrepeso (36.1% y 39.1, respectivamente), lo que es una cifra alarmante y que ha crecido en los últimos años

(1). Por lo cual se requiere de especial atención en la alimentación, incluyendo alimentos naturales que aporten beneficios para el organismo y con bajo aporte calórico como son las verduras, frutas, plantas y FC.

1.3 Tratamiento y prevención de la obesidad

La obesidad es una enfermedad que tiene su origen en múltiples causas, debido a ello su tratamiento debe ser mediante un equipo interdisciplinario que incluye el apoyo de un psicólogo, nutriólogo, profesional de la actividad física, endocrinólogo y cirujano, con el único objetivo de garantizar el apego al tratamiento (20). Además del equipo multidisciplinario, es necesario conocer la causa de la condición, para así poder implementar el mejor tratamiento para el paciente y disminuir los riesgos en la salud (21). Existen diferentes tratamientos contra la obesidad, como primera opción se encuentra el tratamiento nutricional, en caso de no obtener resultados, se opta por un tratamiento farmacológico y como última alternativa el tratamiento quirúrgico, en caso de que el paciente presente comorbilidades. Sin embargo, en cada paciente se debe individualizar el tratamiento. A continuación, se mencionan algunas características:

La intervención nutricional es una de las bases más importantes para el tratamiento, ya que generalmente la etiología de la obesidad es el alto consumo de energía, la cual supera el gasto energético del paciente, por lo que normalmente el tratamiento se basa en la reducción de la ingesta de grasas, pero en muchos casos se recupera el acumulo de grasa tras la intervención (3). Por lo que el enfoque nutrimental ha cambiado, y para ello se emplean las nuevas vertientes de dietas hipocalóricas modificadas en macronutrientes, e incluso dietas de sustitución siempre y cuando estas tengan fundamento científico (22). Un ejemplo de este tipo de planes nutricionales, es la dieta cetogénica muy baja en calorías, la cual tiene como característica principal brindar un rango de 700 a 800 calorías por día, de las cuales solo del 13-25% provienen de carbohidratos, este régimen se recomienda mantener durante 12 semanas y posteriormente aumentar de manera gradual hasta alcanzar las 1500-2500 calorías, dependiendo de cada paciente (23). Se ha demostrado que con este régimen nutricio existe una pérdida de 10 hasta 15.6 kg, con una reducción de la hemoglobina glicosilada, colesterol total, triglicéridos y presión arterial (24).

Por otro lado, se encuentra el tratamiento farmacológico, este ayuda al paciente que presenta problemas con el apego al tratamiento nutricional, a la reducción de peso y cambios en el estilo

de vida, debido a que la obesidad implica riesgos en la salud y comorbilidades, la Food and Drug Administration (FDA) autorizó el uso de cinco fármacos para el TO: orlistat, lorcaserina, naltrexona bupropion, fentermina-topiramato y liraglutida (4). De los anteriomente mencionados la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2012) aprobó únicamente dos, el orlistad (inhibidor de lipasa (25)) y la liraglutida (agonista del receptor del polipéptido 1 similar al glucagón (26)), los cuales pueden cambiar la forma en que son metabolizados los macronutrientes (27).

Otro tratamiento contra la obesidad es el quirúrgico, el cual está indicado únicamente en pacientes con obesidad grave (IMC mayor a 40), siempre y cuando la modificación en su estilo de vida no haya sido efectiva (5). Existen diferentes tipos de cirugías para el TO, las más comunes son: la banda gástrica ajustable, el bypass gástrico y la gastrectomía en manga (28). En general el éxito del tratamiento de la obesidad es importante, debido a las estadísticas de prevalencia elevadas.

Debido al crecimiento elevado de la prevalencia de las personas que padecen obesidad, resulta necesaria la implementación de estrategias de prevención de la obesidad y el sobrepeso (29). Para que estas obtengan resultados favorables, es necesaria la creación de políticas integrales, multisectoriales y coordinadas, con la finalidad de crear conciencia y un cambio verdadero en los hábitos que pueden dañar la integridad de los individuos (30), estas estrategias principalmente se podrían enfocar en la alimentación tradicional, puesto que estos alimentos son libres de aditivos nocivos para la salud y de bajo aporte calórico, un ejemplo de ellos son: las plantas y FC.

1.4 Florifagia en México

Desde la antigua Mesoamérica proviene la práctica convencional de la florifagia, que no es más que el consumo gastronómico de flores (6). En la actualidad, la población se preocupa por consumir alimentos que no contengan elementos que interfieran negativamente en su salud y además que proporcionen beneficios, es decir, garantizar la seguridad alimentaria (31), por lo que las FC tienen auge en las tendencias de alimentación actual, ya que además de aportar compuestos bioactivos, son característicos por tener un bajo aporte calórico al consumidor (7).

El consumo de las FC en México es a nivel local y son empleadas en las preparaciones de alimentos usadas como lo son las verduras, a pesar de que su consumo es amplio y frecuente (32). Sin embargo, se requiere información acerca de su composición y características para considerarlas como un alimento funcional, sin mencionar la accesibilidad que tiene la población a ellas sin importar los recursos con los que cuenten (33). En México las variedades de FC son muchas, sin embargo, este estudio se centrará en las flores de palma *(Yucca ssp.)* de dos variedades (Figura 1).

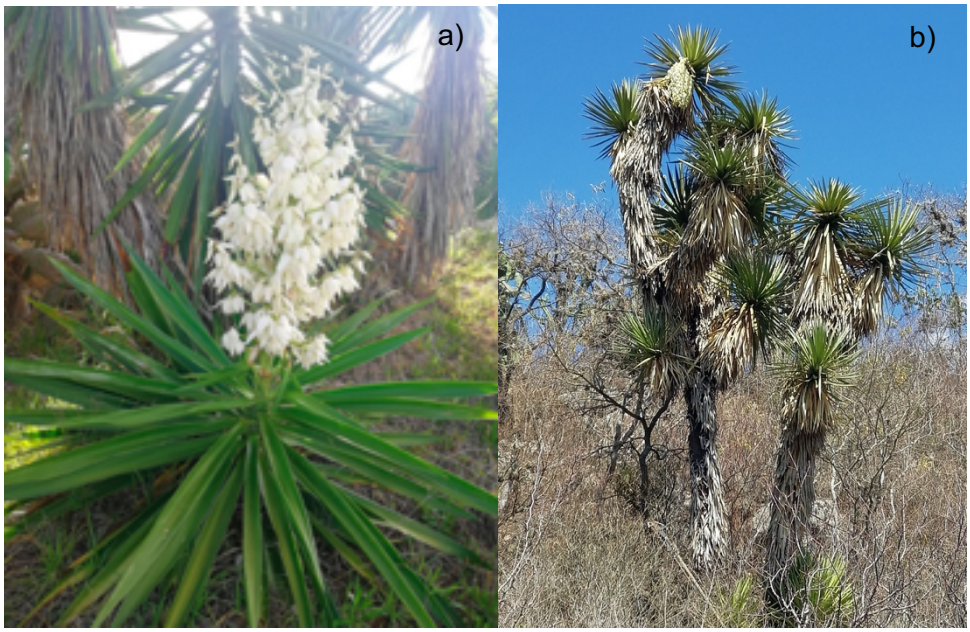

Figura 1. Flores de palma.
a)*Yucca guatemalensis* Baker b)*Yucca filifera* Chabaud.

1.4.1 Morfología de la flor.

La flor es un conjunto de antófilos (piezas u organos de la planta), y tienen en su estructura cuatro componentes principales, los cuales son denominados: cáliz, corola, androceo (que se refiere al conjunto de estambres) (Figura 2a) y por último el pistilo o gineceo (Figura 2b). Todas estas estructuras están unidas en el extremo del pedúnculo el cual recibe el nombre de receptáculo o eje floral (Figura 2c) (3).

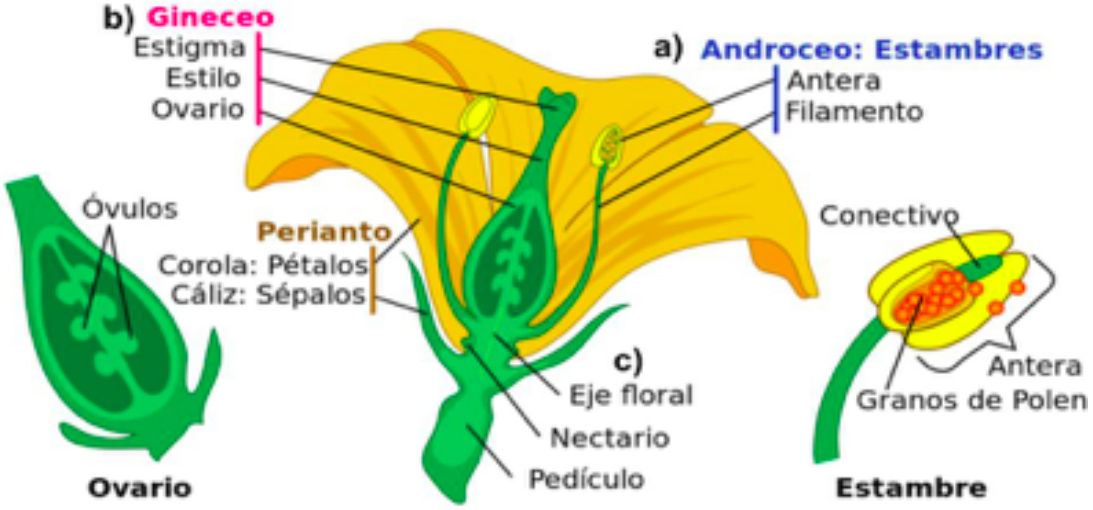

Figura 2. Estructura típica de la flor.
a) Androceo b) Gineceo c) Estambre.

Existen flores que en su estructura presentan las partes mencionadas anteriormente a las que se les llama "completa", si alguna de ellas falta se les conoce como "incompletas"; esto va estrechamente relacionado con su reproducción, una flor que es considerada como "completa" puede ser bisexual o hermafrodita, comparada con aquella que le falta alguno de los ciclos sexuales, la flor se considera unisexual o incompleta. La flor comestible de palma *(Yucca filifera)* es considerada una flor completa (Figura 3). Otro tipo de flor son aquellas denominadas flores neutras ya que éstas carecen de estambres o pistilos. En este sentido, la flor de la palma *Y. filifera* se reproduce por vía sexual, por lo que no es afectada la variación genética (34).

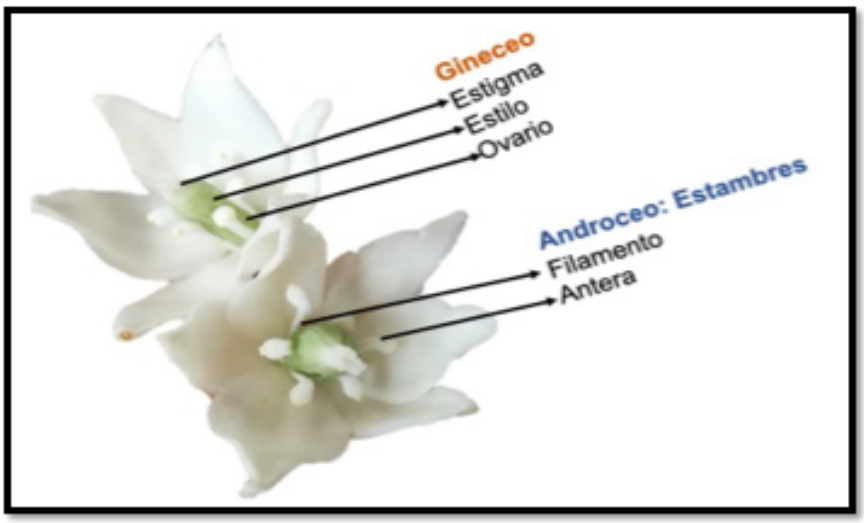

Figura 3. Partes de la flor de palma (*Yucca filifera* Chabaud).

1.5 Aporte nutrimental de flores comestibles

El consumo de flores es común en algunas regiones mexicanas, existen pocos estudios que hablen de prevalencias de ingesta de FC, sin embargo, se ha encontrado que en el estado de Guanajuato (población urbana) 94% han consumido alguna vez FC del cual el 79% las consume de forma ocasional (35). Aunque, no existe suficiente información acerca de su contenido nutrimental.

Las flores contienen grasas, sacáridos, vitaminas y en menor cantidad proteínas y minerales, igual que el resto de los órganos de las plantas; También con un aporte importante de minerales, ya que contienen fósforo, calcio, hierro, potasio, magnesio, azufre y zinc, siendo variable el aporte de estos componentes de acuerdo con la especie, además, los pétalos de las flores generalmente poseen elevadas cantidades de vitaminas, como la A, C, riboflavina y niacina, sin embargo, la composición nutrimental dependerá de la variedad de la flor, así como de las condiciones ambientales y del suelo (36).

La composición de los lípidos en las FC es muy variada, ya que estos alimentos contienen una elevada cantidad de agua en su estructura, que va desde el 70 hasta el 95% (37). Se ha reportado un porcentaje de grasa en las flores de 2.9% en moringa (*Moringa oleifera)*, 2.84% en flores de malva (*Malva moschata)*, hasta un 26% en la okra (*Hibiscus esculentus* L). En la identificación de ácidos grasos insaturados, encontrados en especies de FC son el ácido palmítico, linoleico y α-linoleico en flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa),* flor de crisantemo *(Chrysanthemum morifolium Ramat)*, Okra *(Hibiscus esculentus)* y en los pétalos de la flor de caléndula *(Calendula officinalis)* (38).

En cuanto al aporte de proteína, las flores no se consideran fuente de este macronutriente, ya que al compararlo con algún alimento de origen animal el aporte es menor. Algunas de las FC que presentan un aporte significativo son la salvia roja (*Salvia splendens)* (9.51%), margarita común (*Bellis perennis* L) (7.16%), y viola (*Viola tricolo*r L.) (4.19%), este porcentaje se evaluó en las flores en peso seco (39).

Con respecto a los carbohidratos y minerales, casi todas las plantas presentan valores muy distintos, el hidrato de carbono simple que predomina entre esta especie es la fructosa (40).

En específico la flor de *Y. filifera* tiene el 88.1% de humedad, 25.9% de proteína, 8.5% de extracto etéreo y 9.7% de cenizas. Los aminoácidos presentes en la flor en mayor cantidad respecto al porcentaje de proteína total es el ácido glutámico (17.95%), prolina (11.67%), valina (5.9%) y lisina (6.68%), y por último el porcentaje de fibra esta reportado de un 9.5% (9). Sin embargo, no existen datos en la literatura que indiquen el tipo de fibra que aporta, y además es necesario contemplar que en los procesos de cocción y la variedad de palma y el origen, pues estos aspectos podrían modificar su composición.

1.6 Uso de las flores comestibles en la cocina mexicana

En la cocina tradicional mexicana a lo largo de los milenios se han empleado las FC endémicas, existen 25 tipos de flores de 50 géneros y más de 100 especies comestibles (41). En México, las flores se usan para preparar infusiones o agua, sin embargo, en algunas de las localidades son empleadas como verduras que acompañan a los diferentes guisos o preparaciones, e incluso son agregadas en ensaladas, por sus rescatables características sensoriales, e incluso en otros países como ingredientes de moda (42). Por lo que son considerados productos valiosos en la gastronomía (6) ya que agregan atractivos visuales, aromáticos, saborizantes y algunos nutrientes de importancia (43). Las flores se incluyen como acompañamiento para carnes rojas y blancas, (6), así como en muchos otros platillos.

Una de las flores que con frecuencia se consumen en el estado de Hidalgo, son las flores de palma *(Y. filifera)*, estas son endémicas de las partes áridas y semiáridas del estado (8), además el aporte de compuestos bioactivos que estas flores podrían aportar benéficios a la salud.

1.7 Compuestos bioactivos y antioxidantes en flores comestibles

En las últimas décadas, se ha puesto especial atención en los compuestos bioactivos (enzimas, probióticos, fibra, isoflavonas, saponinas, etc.), debido a los efectos positivos que tienen en el organismo, ya que pueden actuar como antioxidantes, antimicrobianos, inmunomoduladores e incluso hipocolesterolémicos (44).

Las FC se pueden considerar como alimentos funcionales por el aporte de compuestos con actividad biológica que resultan benéficos para la salud humana; Algunas especies de plantas están enfocadas a enfermedades, atribuyendo la actividad biológica a compuestos como fibra,

isoflavonas, saponinas, fenoles, etc. (45). Algunos estudios emplean metodologías para medir efectos inhibidores en células cancerígenas, atribuyendo este efecto a los compuestos antioxidantes y presentes en las flores (46). Se ha estudiado la luteína (carotenoide con propiedades antioxidantes) presente en la flor comestible de cempasúchil (*Tagetes erecta)* y su efecto en la colitis ulcerosa en un modelo animal de ratones (300 mg/kg), el consumo de la flor atenuó la secreción de citocinas inflamatorias mejorando la defensa endógena en la colitis ulcerosa (47). En rosa de chino (*hibiscus rosa-sinensis*), se ha evidenciado actividad biológica como reguladora de glucosa sérica, por su alto contenido en polifenoles inhiben la α-glucosidasa (48) y con actividades anticáncer (49).

Entre los compuestos de interés en la alimentación se encuentran aquellos que presentan una actividad en el organismo, un ejemplo de ellos son los antioxidantes, que son un grupo grande de moléculas que previenen del daño oxidativo a las células (43). Dentro de este grupo se encuentran los compuestos fenólicos, los cuales son denominados metabolitos, comúnmente producidos en el reino vegetal, y específicamente en las flores están estrechamente relacionados con los colores de estas, aunque el color no siempre es un determinante de la presencia de estos compuestos (50). El grupo de los fenoles pueden servir de ayuda en la terapia de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, por ejemplo, la aterosclerosis, artritis, demencia, cáncer por mencionar algunas (51).

Al comparar el contenido de antioxidantes y su actividad de eliminación de radicales libres, se ha encontrado que es mayor en las FC como caléndula (*Calendula officinalis*) y cempasúchil (*Tagetes erecta*), ya que estas especies presentan un pigmento intenso (Rojo – anaranjado) el cual es provocado por las antocianinas (compuestos antioxidantes) (52). Otros de los componentes que contribuyen a la actividad antioxidante es el ácido ascórbico y carotenoides, se ha demostrado un importante aporte en flores de maguey y sábila (53). Sin embargo, existen otros componentes de interés, destacando por la actividad biológica que desempeñan en el organismo, e incluso utilizados como coadyuvantes en las terapias de algunas enfermedades, un claro ejemplo de ellos son las saponinas. Otras moléculas de interés son los compuestos fenólicos ya que son considerados compuestos bioactivos debido al alto potencial antioxidante, y estos son reportados en altas cantidades en *Cassua siamea* (88 mg Equivalentes de ácido gálico/g peso seco) (54).

1.8 Saponinas

Las saponinas pertenecen al grupo de metabolitos de las plantas, y son considerados principalmente antinutrientes, y otorgan el característico sabor amargo de las plantas (55). Se encuentran formados por un gran grupo de glucósidos presentes en las hojas, tallos, y flores de las plantas; Estos componentes son sintetizados en el citosol a partir de la producción del escualeno y se estructuran con dos secciones en su estructura una lipofílica y otra hidrofílica (56) según la complejidad de la estructura de la sapogenina (compuesto formado por una aglicona hidrófoba), estas son clasificadas en grupos de saponinas esteroides o triterpenoides (57). El principal precursor de las saponinas son los glucósidos que contienen en su estructura una aglicona unida a una cadena carbonada, por enlaces glucosídicos y forman las saponinas (58). Aunque en esencia estos componentes son considerados antinutrientes, debido a que interfieren en la actividad de la lipasa pancreática, un interés actual se ha vertido sobre ellos, ya que han mostrado propiedades bioactivas como inmunoestimuladoras, hipercolesterolémicas, antitumorales, antiinflamatorias, antibacterianas, antivirales, antifúngicas, entre otras (59).

1.9 Usos en la medicina tradicional de la flor de palma (*Yucca filifera)*

En México el uso de las plantas y flores para tratar dolencias e incluso infecciones es muy frecuente, normalmente estas se usan para infusiones, pero existe muy poca información de los componentes responsables de los efectos terapéuticos (60). A esta práctica se le denomina como medicina tradicional herbolaria y es aplicada desde la antigüedad, ya que se encontraron plantas, hierbas y flores con valor terapéutico (61). Sin embargo, con el conocimiento actual que se tiene de los compuestos bioactivos, se pueden emplear enfocados a diferentes afecciones a la salud, ya que se busca obtener beneficios terapéuticos de fuentes naturales a base de plantas o flores (62). Específicamente la flor de palma (*Y. filifera)*, se emplea en la medicina tradicional en forma de té como alivio de tos, pétalos cocinados para personas con hiperlipidemias e incluso como un método anticonceptivo. Sin embargo, ninguno de estos efectos se ha estudiado en ensayos *in vitro* o *in vivo,* por otro lado, es importante estudiar los cambios que ocurren durante la cocción de esta flor, ya que la forma en la cual es es empleada para el tratamiento de las afecciones ya mencionadas.

1.10 Métodos de cocción de las flores comestibles y uso gastronómico de la flor de palma yuca

Para el consumo de flores se tiene que tomar en cuenta, que el empleo de las FC requiere de ciertas condiciones para que sean inocuas para el consumo humano, realizar actividades que aseguren su correcto saneamiento, método de conservación y eliminación de microorganismos e insectos característicos de estos alimentos (63).

Tradicionalmente en México, los pétalos de la flor son hervidos o cocidos a la parrilla (41), y las flores se emplean como ingrediente principal y son combinadas con algunos otros alimentos como huevo o frijoles (64). Debido a que la mayor parte de la flor es agua, en las preparaciones se requiere de una gran cantidad de pétalos lo que hace que se potencialice el sabor (38).

Las flores provenientes de la *Y. filifera* se les conoce como “flor de palma”, “chochas” y “flor de izote” *y* son consumidas en varios estados de la república mexicana, son normalmente comercializadas por personas de las zonas rurales, principalmente de marzo a julio. Aunque su floración es dependiente del clima, los pétalos de la flor son utilizados para la combinación con otros alimentos. Una de las preparaciones más comunes son los pétalos con huevo o emplearlas en guisados como verdura, e incluso en estados como Chiapas son consumidas en ensaladas y postres (8). En Hidalgo, generalmente la flor de palma se consume en guisado, acompañada de otros ingredientes, por ejemplo, con huevo, pollo, carne y a la mexicana (acompañado de jitomate, cebolla y chile).

1.11 Beneficios y antinutrientes de las flores comestibles

Las FC son aquellas que se consideran inocuas y no tóxicas para el consumo seguro humano (65). Es importante mencionar que las flores presentan importantes actividades biológicas, que en la actualidad incluso pueden ser considerados alimentos funcionales (66). El consumo de las FC puede aportar numerosos beneficios a la salud, esto con base a su contenido de nutrientes e incluso a los antinutrientes.

En los componentes químicos de las FC existen un gran número de moléculas con efectos en el organismo, algunas de ellas son consideradas antinutrientes, que por definición son compuestos altamente bioactivos que pueden tanto producir efectos tanto benéficos como negativos para el ser humano, que normalmente están relacionados con la absorción de

nutrientes (67). Algunos de los antinutrientes más comunes en las plantas y FC son las lecitinas, inhibidores de tripsina y saponinas:

- Las lecitinas: Son glicoproteínas de origen no inmune, que pueden producir daño en la permeabilidad intestinal (68)
- Los inhibidores de tripsina, son denominados inhibidores enzimáticos que provocan el desaprovechamiento de tripsina y quimotripsina en el intestino, por lo que se evita la digestión de las proteínas (69), que además se han empleado como coadyuvantes en el TO por mecanismos relacionados con la saciedad por la regulación de colecistoquinina (70).
- Las saponinas (SP), que normalmente son las responsables del sabor amargo de las flores, con efecto hipocolesterolémico (71) e hipoglucemiante (72). Sin embargo, existe variedad de saponinas, y es importante conocer sus concentraciones y actividad biológica en el organismo a fin de no causar daño en la población que consume las flores.

1.12 Antinutrientes en la flor de palma *(Y. filifera)*

De manera particular se han reportado antinutrientes de FC consumidas en México como lo son: gualumo (*Agave salmiana),* flor de sábila *(Aloe vera),* flor de madroño *(Arbutus xalapensis),* flor de calabaza *(Cucurbita pepo),* flor de colorín *(Erythrina americana)* flor de árbol de coral (*Erythrina caribaea)* y flor de palma (*Y. filifera).* De entre los que resaltan se encontraron inhibidores de tripsina en todas las especies mencionadas anteriormente, sin embargo, estos compuestos se encuentran en menor cantidad que los reportados en semillas de leguminosas (73). Específicamente, la flor de *Y. Filifera* resalta del resto ya que en su composición se detecta la presencia de saponinas, sin embargo, no se reporta la cuantificación de estos compuestos, por lo que se requieren de estudios cuantificables (9).

II. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1 Uso de compuestos bioactivos coadyuvantes en la terapia antiobesidad y prevención de la obesidad

Debido a que la principal problemática de la obesidad es la acumulación excesiva de grasa y la inflamación, el tratamiento de esta enfermedad se centra en ello. A causa de los efectos negativos que pueden ocasionar los medicamentos contra la obesidad, se ha optado por buscar compuestos bioactivos naturales que ayuden al tratamiento, principalmente que contengan compuestos antioxidantes e inhibidores de enzimas comprometidas en la digestión de lípidos (74), la mayoría de las veces estos compuestos son de origen vegetal, y toman especial atención entre la comunidad científica por demostrar los efectos en el organismo (75), algunos de estos compuestos son las saponinas, compuestos fenólicos, flavonoides etc.

2.1.1 Efecto biológico de las saponinas en la obesidad

Con la creciente prevalencia de la obesidad en todo el mundo, se han explorado nuevas alternativas para contribuir a la terapia contra la obesidad. Algunos investigadores han indagado en el impacto que provocan las saponinas (SP) en la obesidad, estos metabolitos vegetales han detectado en tallos, hojas y flores. En 2017 sometieron a ratones a una dieta hiperlipídica e hipercalórica, y encontraron que la administración de saponinas de aproximadamente 5 mg/kg de peso redujo el peso corporal, la ingesta de alimentos, el peso del hígado y además una disminución en el tejido adiposo. Se ha observado un efecto de las SP parecido al que genera el orlistat, y es debido a que las saponinas inhiben las lipasas pancreáticas por lo que la absorción de las grasas se ve directamente afectada (10). Por otro lado, en un estudio *in vitro* con saponinas provenientes de las hojas de *Panax quinquefolium,* en ratones con dietas altas en grasas, se les administró 25 o 12.5 μg de saponinas a las 48 horas de incubación, y efectuaron la medición de la diferenciación de adipocitos a los 8 días posteriores, lo que dio como resultado una reducción en triglicéridos plasmáticos y del tejido adiposo, efectos que demuestran su efecto anti-obesidad y de inhibición de absorción de grasas (76).

Otro de los efectos importantes que se ha observado, es que las saponinas provenientes de quinoa en la diferenciación de preadipocitos 3T3-L1, presentó un efecto de inhibición de adipocitos maduros, además una disminución de la adipogénesis de etapa tardía y reducción de lipoproteína de lipasa, proteína adipocitaria 2 y el transportador de GLUT4 (77).

La acción que realiza el Neuropéptido Y ya ha sido establecida, y es relacionado con el aumento de la ingesta de alimentos y reduce la oxidación de grasas en la dieta, al igual que la leptina es una hormona que actúa como reguladora de la homeostasis energética, es decir controla la sensación de saciedad (78). El Neuropéptido Y y la leptina se midieron en ratas obesas alimentadas con una dieta alta en grasas, donde se les administró 200 mg/kg peso de saponinas provenientes de ginseng coreano rojo durante 3 semanas y como consecuencia se encontró una reducción del peso corporal, ingesta de alimento, expresión del Neuropéptido Y hipotalámico y de leptina sérica (79).

2.1.2 Efecto biológico de la fibra en la obesidad

La fibra es una molécula compuesta por polímeros de carbohidratos que no son digeridos, y en consecuencia no son absorbidos en el intestino de los humanos (80). Los beneficios del consumo de fibra dietética sobre la obesidad, que se le han atribuido a este componente alimentario son el volumen aumentado de heces, fermentaciones llevadas a cabo por la microbiota, auxiliar en la reducción de niveles lipídicos y glucosa en sangre (81). Se ha buscado explicar los efectos que produce la fibra en la obesidad, ya que una de las principales causas por las que se usa es el aumento de la saciedad en lo pacientes, que está relacionado con el aumento en la masticación de los alimentos que son fuente de fibra, ya que esto da tiempo para que las señales de saciedad lleguen y realicen su función. Además, la fibra dietética aumenta el volumen de los alimentos y conjuntamente reduce la energía que es metabolizada, por lo que produce mayor saciedad al consumidor (12).

Por otro lado, es común que los pacientes que padecen obesidad presenten alteraciones en el metabolismo de los lípidos, por lo que se ha investigado la función coadyuvante de este tratamiento de la fibra. En otra investigación, se desarrolló una tortilla a base de harina de nopal y aguacate liofilizado, la cual fue proporcionada como dieta total en ratones obesos y con hipertrigliceridemia durante 21 días y se observó la disminución de colesterol total, LDL y glucosa, por lo que la fibra puede aportar beneficios en el las terapias de las hiperlipidemias e hiperglucemias (11). La flor de palma (*Yucca Filifera)* aporta 85 g/kg de flor (peso seco) de fibra dietética (9), por lo que podría contribuir al consumo diario de este componente. Debido a estos efectos abordados anteriormente los alimentos que aportan fibra dietética, podrían proporcionar beneficios al consumidor.

2.2 Planteamiento del problema

La obesidad es una enfermedad que tiene como característica principal el acúmulo anormal o excesivo de almacenamiento de grasa en el organismo (2), su etiología tiene distintas causas como lo son patologías genéticas (13), problemas emocionales (7) pero la más frecuente, el desbalance energético (2) y malos patrones de alimentación (18). En el 2018, la ENSANUT reportó un aumento en el padecimiento de la obesidad, en donde el 75.2% de la población de 20 años o más padecen sobrepeso u obesidad (1), lo que resulta alarmante, debido a que las personas con este padecimiento contraen un mayor riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles, lo que convierte a este padecimiento en un problema de Salud Pública. Debido a las elevadas cifras en la prevalencia de esta enfermedad, resulta imprescindible la creación de estrategias que puedan prevenir y coadyuvar al tratamiento de este padecimiento. Los profesionales de la salud han realizado innumerables esfuerzos en la creación de estrategias que atiendan este problema. Como lo es la realización de guías alimentarias, por ejemplo, el plato del buen comer (83), cambios en las estrategias de la mercadotecnia, para modificar el estilo de vida y quitar vínculos afectivos de los consumidores con respecto a los alimentos industrializados (84), e incluso la implementación de impuestos en las bebidas azucaradas y alimentos no básicos con alta densidad energética (85) entre muchas otras. Sin embargo, debido a la magnitud del problema se requiere de nuevas opciones, enfocadas principalmente al consumo de alimentos. La alimentación tradicional, como lo es el consumo de plantas y FC, puede provocar beneficios en los consumidores, generados por el aporte de compuestos bioactivos y bajo aporte calórico (7). Algunos de los compuestos bioactivos presentes en estos alimentos pueden ser benéficos para la obesidad por sus actividades como inhibidores de enzimas involucradas en la digestión de lípidos (74). Un ejemplo de ello son las saponinas, que inhiben lipasas pancreáticas (86), por lo que el consumo de estos compuestos puede beneficiar a los pacientes con obesidad. Esta investigación pretende brindar información necesaria para que la flor de palma pueda contribuir de manera benéfica al incluirla en la dieta a los pacientes con obesidad.

III. JUSTIFICACIÓN

En México la florifagia es una práctica que se ha llevado a cabo desde la antigua mesoamérica (32) y a pesar de que estos alimentos forman parte de la dieta de la población mexicana, por su alta accesibilidad, existe información insuficiente acerca de la composición nutrimental, aporte de compuestos bioactivos y características de estos alimentos, que permitan conocer los beneficios en la población (33). Las flores de palma (*Yucca spp*.) son ampliamente consumidas en algunas regiones de Hidalgo, principalmente en las regiones áridas o semiáridas, ya que en esas zonas la flor se reproduce. Existe un reporte de su composición química proximal, aporte de aminoácidos y contenido de saponinas de la flor en crudo (9). Sin embargo, esta flor es integrada en preparaciones culinarias como verdura y se combina con otros alimentos, en donde requiere de un proceso de cocción (hervido o asado). Es necesario tomar en cuenta que la composición es susceptible a los cambios tanto en el almacenamiento como en la cocción. Resulta importante conocer cuál es el aporte verdadero que obtiene el consumidor, ya que dentro de sus compuestos bioactivos están los compuestos antioxidantes, las saponinas y la fibra; que son compuestos que han demostrado poseer actividades biológicas de importancia. Como auxiliares en procesos de inflamación, hiperlipidemias y regulación del apetito, lo que podría beneficiar a los pacientes con el padecimiento de obesidad, que incorporen este alimento a su dieta de manera regular.

IV. HIPÓTESIS

El tratamiento de asado de la flor de palma yuca mantiene los compuestos bioactivos en comparación con la flor hervida, lo que podría ser de utilidad como posible coadyuvante en el TO.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de los métodos de cocción (asado y hervido) de dos especies de flores de palma (*Yucca guatemalensis* Baker y *Yucca filifera* Chabaud) mediante análisis de contenido nutrimental, propiedades funcionales, bioaccesibilidad *in vitro* de antioxidantes y saponinas como posible coadyuvante en la terapia de la obesidad.

5.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la composición nutrimental, fibra (total, insoluble y soluble) y minerales de flores de palma mediante análisis químico proximal, método enzimático-gravimétrico y análisis de energía dispersa para conocer los cambios en los procesos de cocción.
- Identificar el índice de refracción de la grasa de las flores de palma, por medio de refractometría en los procesos de cocción para sugerir el perfil lipídico.
- Determinar las propiedades funcionales de flores de palma a través de la capacidad de retención de agua, capacidad de retención de lípidos y glucosa, para identificar los cambios en los procesos de cocción.
- Determinar el contenido, capacidad antioxidante y la bioaccesibilidad *in vitro* de las flores de palma mediante espectrofotometría, para describir los cambios en los procesos de cocción.
- Medir el porcentaje de hemólisis y su bioaccesibilidad *in vitro* en flores de palma por medio de espectrofotometría para detectar la presencia de saponinas y los cambios en los procesos de cocción

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Tipo y diseño de estudio

La presente investigación es de tipo experimental y prospectivo.

6.2 Selección de la población, criterios de inclusión y exclusión

Para este trabajo de investigación se utilizaron las muestras de dos especies de palma (*Yucca spp.*) recolectadas en la comunidad de la Cruz y Venados en el municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo, México en los meses de mayo hasta agosto del 2020.

Criterios de inclusión:

- Flores comestibles en buen estado.
- Pertenecientes a las zonas de la Cruz y Venados de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

Criterios de exclusión:

- Flores comestibles de palma que provengan de una especie distinta a las que se eligieron para este estudio.

Criterios de eliminación:

- Flores de palma con pétalos marchitos y/o manchas café.
- Que presenten datos de descomposición como olor desagradable y textura viscosa.

6.3 Tamaño de la muestra y muestreo

Se contó con 2 muestras de flores de palma (*Yucca guatemalensis* Baker y *Yucca filifera Chabaud)*, para las cuales se aplicaron dos tratamientos de cocción, el hervido (agua a ebullición, relación 1:15), de acuerdo un estudio reportado en plantas comestibles (87) y el asado (parrilla a 100 ºC con movimiento constante), ambos por 5 minutos y se analizaron en comparación con las flores en crudo. Se realizaron 16 pruebas experimentales que permitieron el conocimiento del análisis químico proximal, y la caracterización de compuestos y actividad antioxidante, así como la detección de uno de los compuestos bioactivos: saponinas, y la evaluación la bioaccesibilidad de sus componentes, cada una de estas se llevó a cabo por triplicado.

6.4 Definición de variables

Variables independientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional		Unidad de medida
Variedad de palma *Yucca guatemalensis* Baker (1) muestra cruda	Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca guatemalesis* Baker	Muestra cruda	1.1	Gramos
Variedad de palma *Yucca guatemalensis* Baker (1) muestra asada	Flor: Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca guatemalesis* Baker Asado: Método de cocción de un alimento por contacto directo con el fuego	Muestra asada	1.2	Gramos
Variedad de palma *Yucca guatemalensis* Baker (1) muestra hervida	Flor: Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca guatemalensis* Baker Hervido: Método de cocción de un alimento mediante la inmersión en líquido	Muestra hervida	1.3	Gramos
Variedad de palma *Yucca filifera* Chabaud (2) muestra cruda	Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca filifera* Chabaud	Muestra cruda	2.1	Gramos
Variedad de palma *Yucca filifera* Chabaud (2) muestra asada	Flor: Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca filifera* Chabaud Asado: Método de cocción de un alimento por contacto directo con el fuego	Muestra asada	2.2	Gramos
Variedad de palma *Yucca filifera* Chabaud (1) muestra hervida	Flor: Conjunto de antófilos que forma parte de la *Yucca filifera* Chabaud Hervido: Método de cocción de un alimento mediante la inmersión en líquido	Muestra hervida	2.3	Gramos

Variables dependientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medida
Proteína	Molécula formada por aminoácidos que están unidos por enlaces peptídicos.	Porcentaje de proteína	% proteína
Grasa	Sustancia orgánica que es formada de ácidos grasos	Porcentaje de grasa	% grasa
Humedad	Contenido de agua que se encuentra en los alimentos	Porcentaje de humedad	% humedad
Cenizas	Medida total de minerales presentes en los alimentos	Porcentaje de cenizas	% cenizas
Fibra soluble	Polisacáridos vegetales resistentes a la digestión humana que atrapan al agua y originan elevada viscosidad	Porcentaje de fibra soluble	% fibra soluble
Fibra insoluble	Polisacáridos vegetales resistentes a la digestión humana que aceleran el tránsito intestinal	Porcentaje de fibra insoluble	% fibra insoluble

Contenido de FT	Se refiere a aquellos compuestos que en su estructura presentan anillos fenólicos y tienen actividad antioxidante	Contenido de FT	mg EAG/100 g
Ácido ascórbico	Micronutriente que pertenece al grupo de las vitaminas hidrosolubles que presenta actividad antioxidante	Contenido de ácido ascórbico	mg EAA/100 g
ABTS•+	Agente oxidante que genera cationes radicales metaestables y se emplea en pruebas de actividad antioxidante	Capacidad antioxidante por reducción del radical libre ABTS	mg ET/100 g
DPPH•	Radical libre que su deslocalización otorga una coloración violeta	Capacidad antioxidante por reducción del radical libre DPPH	µmol ET/100 g
FRAP	Ensayo que mide potencial antioxidante en muestras a través de la reducción de hierro férrico a hierro ferroso	Capacidad antioxidante de reducción férrica	mM E Fe (II) /100 g
Actividad antihemolítica/ Saponinas	Metabolitos secundarios vegetales que pertenecen al grupo de los glicósidos hidrosolubles	Contenido total de saponinas	µg de saponinas/g Máxima dilución en que la hemólisis se observó
Bioaccesibilidad *in vitr*o de capacidad y compuestos antioxidantes y saponinas	Ensayo *in vitro* de la digestión intestinal	Fracción de componentes bioaccesibles	% de fracción bioaccesible

6.5 Diagrama del diseño experimental

De acuerdo a lo descrito en la Figura 3, este proyecto se inició identificando las variedades de la flor de palma y posteriormente se aplicó a los pétalos dos procesos de cocción (hervido y

asado), los cuales fueron comparados con la muestra en crudo. A todas las muestras se les analizó la composición química proximal, propiedades funcionales (retención de agua, lípidos y glucosa); Contenido antioxidante (FT, ácido ascórbico, betalaínas y antocianinas); Capacidad antioxidante (ABTS•, DPPH• y FRAP); Actividad hemolítica y bioaccesibilidad *in vitro*.

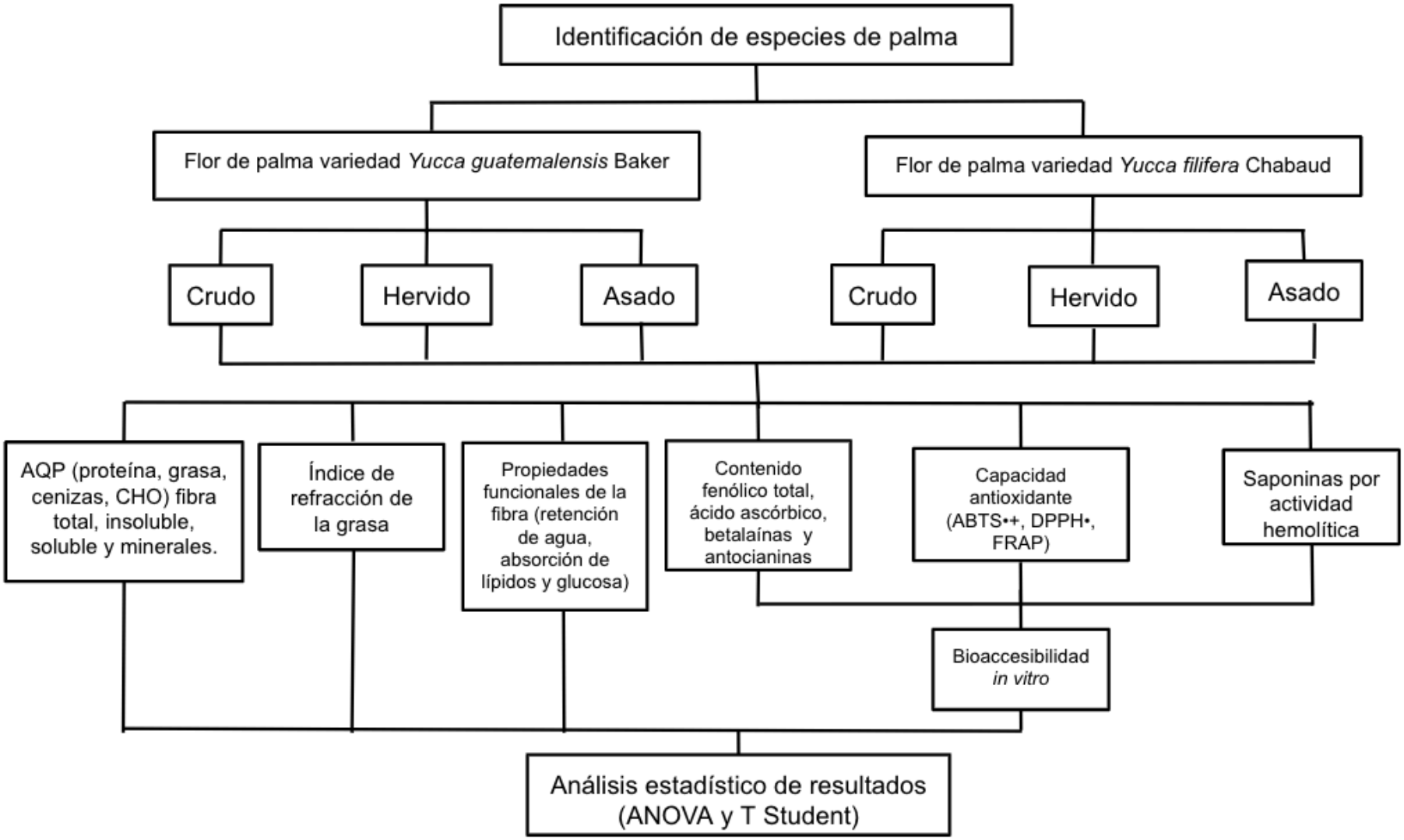

Figura 4. Diseño experimental

6.6 Métodos

6.6.1 Análisis químico proximal

Proteína

Principio.

El método Kjendalh para el porcentaje de proteína en la muestra se basa en la destrucción por oxidación con ácido sulfúrico concentrado durante la ebullición, lo que ocurre como consecuencia, es la separación del nitrógeno, sin pérdidas en la matriz y posteriormente es transformado en nitrógeno amoniacal inorgánico. La concentración de nitrógeno se multiplicará por un factor de conversión (6.25) y los resultados se muestran en porcentaje de proteína (88).

Procedimiento.

Para esta determinación se utilizó un equipo Kjendalh (Gerhardt, KB8, Alemania) un destilador (Gerhardt, Vapodest 50, Alemania) y un neutralizador de gases (Gerhardt, Tur, Alemania). Para la obtención del porcentaje de proteína se colocó 1 gramo de muestra, 1 tableta catalizadora, 2 mL de agua destilada y 15 mL de ácido sulfúrico. Se llevó al equipo de Kjendalh, para el proceso de digestión, en el cual se elevó la temperatura a 230 ºC y posteriormente a 260 ºC durante 5 minutos, luego a 300 ºC por 10 minutos, 400 ºC por 20 minutos y finalmente 405 ºC hasta que las muestras tomaron una coloración verde esmeralda, posteriormente, se realizó la destilación con ácido bórico al 3%, después la valoración con ácido clorhídrico 0.1 N. Se obtuvo el porcentaje de nitrógeno y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ de nitrógeno} * \text{Factor de conversión}$$

Dónde: Se empleó el factor general de 6.25 (89).

Grasa

Principio.

La determinación del porcentaje de grasa se realizó por el método de extracción con Soxhlet, el cual es un proceso de extracción sólido-líquido y se fundamenta en la separación o

purificación por medio del empleo de solventes orgánicos, para posteriormente determinar por método gravimétrico el porcentaje de grasa que fue extraída de la muestra sólida (90).

Procedimiento

Se colocó 1 g de muestra en un cartucho de celulosa y posteriormente se colocó el sistema de extracción Soxhlet (Buchi, B-811, EUA) y se empleó éter de petróleo como solvente automático de extracción y se siguió el método predeterminado por el equipo (89). Para reportar los resultados en porcentaje de grasa, al final del proceso se calculó la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

% G =Porcentaje de grasa

Pf= Peso final de la muestra

Pi= Peso inicial de la muestra

Cenizas

Principio

La determinación del porcentaje de cenizas por el método de gravimetría, se basa en la destrucción y volatilización de la materia orgánica por elevada temperatura y dejando únicamente los residuos y sales minerales (91).

Procedimiento

Se colocó 1 g de muestra y posteriormente se sometió a carbonización de manera manual y a fuego directo, y posteriormente se introdujeron las muestras en una mufla (FD1535M, Furnace 1500, EUA) a 550 ºC durante 5 horas, y al finalizar la incineración se dejaron enfriar y se pesaron los residuos. Los resultados fueron reportados en porcentaje de cenizas utilizando la siguiente fórmula:

$$\% C = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

%C= Porcentaje de cenizas

Pi= Peso inicial

Pf= Peso final

Fibra dietética total, insoluble y soluble

Principio

El procedimiento para determinar los porcentajes de fibra soluble e insoluble de una muestra, es un procedimiento combinado de gravimetría y enzimático, en el cual se eliminan las partes digeribles y posteriormente se calcula el porcentaje de fibra por cambio de peso en las muestras (92).

Procedimiento

La técnica tuvo en 3 etapas, en la primera se pesaron 0.5 g de muestra (por cuatriplicado) en matraces Erlenmeyer de 250 mL, posteriormente se adicionaron 25 mL de buffer de fosfatos (0.8 M, con un pH de 6.0) y 50 µL de α-amilasa. Se cubrieron los matraces con papel aluminio y colocaron en un baño de agua con agitación horizontal continua (LabTech, LSB-015S, México) a 95° C por 15 min, terminado el lapso, se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 15 min (con movimientos cada 5 minutos) y se ajustó el pH a 7.5 con la adición de NaOH 0.275 M, después se adicionaron 50 µL de la solución de proteasa en buffer de fosfato (0.8 M, pH 6), se cubrieron y se incubaron (60°C / 30 min) con agitación continua. Al enfriarse a temperatura ambiente se ajustó el pH (4.0 a 4.6) con HCl 0.325 M o NaOH 0.1 M.

Se agregaron 50 µL de amiloglucosidasa para después cubrir el matraz con papel aluminio y se colocaron nuevamente en baño de agua a 60 °C por 30 min con agitación continua. Al final se añadieron 4 volúmenes de etanol al 95% en cada matraz, durante 16 h a temperatura ambiente, con el objetivo de precipitar la fibra dietética total (FDT). Posterior a ello, se centrifugaron a 10000 rpm por 15 minutos (Beckman Coulter, Allegra 25R CA, USA), las muestras fueron divididas en fibra dietética soluble (FDS) sobrenadante y fibra dietética soluble (FDS) precipitado.

La segunda fase consistió en la filtración de las muestras de fibra dietética soluble e insoluble. Se filtraron en crisoles Gooch No. 2 (45-50 µm de porosidad, cap. 30 mL), secados previamente en un horno de aire a 105°C a peso constante. Se colocaron 0.25 g de celita, después se metieron

al horno a 105°C por 1 h y se enfriaron en desecador (15 min) para ser pesados y continuar con la filtración donde se distribuyó la cama de celita con gotas de etanol al 78%. El precipitado se depositó en el crisol Gooch. Después se realizaron lavados de 30 mL de etanol al 78 %, 10 mL de etanol al 95 % y 10 mL de acetona. Posteriormente se secaron los crisoles Gooch por 16 h a 105 °C. En la última fase, se determinó proteína y ceniza por el método anteriormente mencionado (92). Para el cálculo de los resultados se emplearon las siguientes fórmulas:

$$1)\ \%FDT\text{:}\ \frac{(R\ residuo - P\ residuo - A\ residuo - B)}{PM} * 100$$

$$2)\ \%FDS = \frac{(R\ residuo - P\ residuo - A\ residuo - B)}{PM} * 100$$

Donde:

1) %FDT= Porcentaje de fibra dietética total
2) %FDS= Porcentaje de fibra dietética soluble (obtenida por centrifugación)

R= Peso promedio del residuo (mg)

P= Peso promedio de la proteína (mg)

A= Peso promedio de la ceniza (mg)

B= Blanco

Para calcular el porcentaje de fibra insoluble se realizó por diferencia basándose en la siguiente fórmula:

$$\%FDI = (FDT - FDS)$$

Donde:

%FDI= Porcentaje de fibra dietética insoluble

%FDT= Porcentaje de fibra dietética total

%FDS= Porcentaje de fibra dietética soluble

Carbohidratos

Para el contenido de carbohidratos se realizó el cálculo por diferencia. Respecto a los porcentajes obtenidos por las determinaciones anteriores (humedad, grasa, proteína, cenizas y fibra).

Cuantificación de minerales

Principio

Los minerales de las flores fueron determinados mediante la microscopia electrónica de barrido, que se basa en el desplazamiento que produce un haz de luz, de los electrones provenientes de un microscopio, posicionados en la superficie de la muestra, la cual amplifica la información y es emitida como una imagen (93).

Procedimiento

Para esta determinación las muestras fueron posicionadas en cinta de carbono, y posteriormente se les aplicó un baño de oro de 1 mm en un cobertor icónico (Denton Vacuum Desk V, EUA) y se analizaron por el microscopio electrónico de barrido (Jeol, JSM-6300, EUA) a 500 amplificaciones, para así poder implementar la espectroscopía de energía dispersiva, la cual da como resultado el contenido de elementos químicos (minerales) (87).

Índice de refracción de la grasa

Principio

Este índice de refracción se fundamenta en los ángulos de incidencia y de refracción, los cuales son medidos cuando un rayo de luz pasa y el medio (condiciones de transparencia u opacidad) ocasiona que sea propagado a diferentes velocidades (94).

Procedimiento

Para esta determinación el refractómetro tipo Abbe (Master-RI, ATAGO, EUA) se limpió con alcohol y algodón. Posterior a la determinación de grasa, la muestra fue recuperada y se colocó una gota de la misma en el prisma del refractómetro, después se colocó la placa de luz diurna (propia del equipo), rectificando que no se presentara la formación de burbujas de aire y se realizó la lectura, comparando el resultado con la tabla de referencia del instrumento.

6.6.2 Propiedades funcionales de la fibra.

Capacidad de retención de agua

Principio

Esta prueba está fundamentada en la cantidad que una macromolécula (ya sea una proteína o un hidrato de carbono) retiene líquido sin que haya una liberación de este, y esto puede provocar la formación de geles que se emplean para beneficios en la salud (95).

Procedimiento

Para este procedimiento se utilizaron 250 mg de muestra seca, los cuales fueron colocados en un tubo de ensayo y se adicionarón 10 mL de agua destilada, esta mezcla se dejó en reposo durante 19 horas en temperatura ambiente, para después realizar centrifugación (Hamilton Bell, V6500, EUA) a 3,000 rpm por 30 minutos. Posteriormente se hizo una decantación y se midió la cantidad de agua que no fue absorbida. La capacidad de retención de agua se expresó como agua absorbida por peso seco (89).

Capacidad de absorción de lípidos

Principio

Este procedimiento se basa en la capacidad de la retención de un aceite bajo la acción de la fuerza mecánica (88).

Procedimiento

Para medir la capacidad de retención de lípidos se adicionaron 0.5 g de muestra a 10 mL de aceite de girasol y se agitó manualmente por 10 segundos y la muestra se colocó en reposo durante 24 horas, luego se centrifugó (Hamilton Bell, V6500, EUA) a 3,000 rpm por 10 min y se decantó el aceite libre y fue determinado por diferencia de pesos y se expresaron como gramo de aceite por gramo de muestra (90).

Capacidad de absorción de glucosa

Principio

La prueba de la capacidad de absorción de glucosa, está fundamentada en la capacidad de algunos componentes como la lignina, pectina y galactomananos de absorber glucosa y al mismo tiempo reducir la digestibilidad del almidón (91).

Procedimiento

Para esta prueba se adicionaron 10 mL de solución de glucosa (2 g de glucosa con 100 mL de agua), a 250 mg de muestra y se agitó, esta mezcla llevó a un baño de agua a 37º C por 6 horas y posteriormente se centrifugó (Hamilton Bell, V6500, EUA) (3,000 rpm por 20 minutos), y se determinó el contenido de glucosa que se encontraba en el sobrenadante por método colorimétrico por ácido 3,5-Dinitrosalicílico (DNS) (92).

6.6.3 Antioxidantes.

Preparación de las muestras

Principio

La extracción que se aplicará para componentes antioxidantes será líquido-sólido y está basada en la transferencia selectiva de compuestos desde una fase sólida hasta una fase líquida, la cual será de elección por la solubilidad de componentes (88).

Procedimiento

Se liofilizaron (Labconco, VWR26671-581, EUA) las muestras y posteriormente se trituraron hasta obtener polvo y se tamizaron a un tamaño de partícula de 500 micras. Se prepararon dos soluciones, A) Metanol: Agua (50:50) y B) Acetona: Agua (70:30).

En un tubo de centrifuga se pesaron 250 mg del polvo de pétalos de flor de palma, y se agregaron 10 mL de la solución A), y se mantuvo en agitación a 300 rpm (Labtech, LSI-3016, Corea) durante 30 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 3400 rpm por 20 min (Hamilton Bell, V6500, EUA), y el sobrenadante se trasladó a un matraz aforado de 25 mL. Al precipitado se le adicionaron 10 mL de la solución B) y fue incubado y centrifugado como ya se mencionó anteriormente, el sobrenadante se colocó en el mismo matraz, para después aforar a un volumen final de 25 mL, con las soluciones preparadas (A y B) 50:50. Esta solución fue homogenizada y empleada para las mediciones de contenido y actividad antioxidante (88).

Ácido ascórbico

Principio

Para la determinación del contenido de ácido ascórbico se empleará un método de oxido-reducción, fundamentado en la reacción de óxido-reducción entre en analito y el valorante, donde ocurre una transferencia de electrones, una de las sustancia los gana, mientras que la otra

los pierde, la sustancia que gana electrones es reducida, disminuye su estado de oxidación y por lo tanto se le considera el agente antioxidante, en esta determinación se emplea como valorante al 2,6-diclorofenolindofenol, el cual al reaccionar con el ácido ascórbico, lleva a cabo una decoloración a rosa tenue (91)

Procedimiento

Se preparó una solución del reactivo valorante 2,6-diclorofenolindofenol (DCPI) con ácido oxálico y agua desionizada, posteriormente se realizó la solución estándar con ácido ascórbico y oxálico y un buffer de acetato de sodio. Posteriormente se estableció la curva de calibración empleando diferentes concentraciones de ácido ascórbico, se colocaron en viales 100 µL de muestra, 800 µL de DCPI, se agitaron en homogeinizador para después realizar la medición de la absorbancia a una longitud de onda de 520 nm en un lector de microplacas (Biotek, 146583, EUA), se realizó una curva patrón con ácido ascórbico y los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido ascórbico por 100 gramos de base seca (mg EAA/100 g BS) (92)

Contenido de fenoles totales

Principio

El ensayo para determinar el contenido de fenoles totales (FT) de Folin-Ciocalteu, se basa en la reacción que producen los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu, ya que este contiene molibdato y tungstato sódico que en presencia de algún compuesto fenólico forma el complejo fosfomolíbdico-fosfotúngstico, ya que la trasferencia de electrones a pH básico reduce los complejos formados en óxidos cromógenos de color azul inteso, el cual es proporcional al número de grupos hidroxilo de la molécula (93).

Procedimiento

Se preparó una curva estándar a partir de una solución stock de ácido gálico de 300 mg/L, obteniendo las diferentes concentraciones (0, 100, 200 y 300 mg/L). Para la determinación fueron colocados 100 µL de la muestra o solución de la curva de referencia, 500 µL de la solución de Folin-Ciocalteu (100 mL por cada litro de agua desionizada) y 400 µL de solución de carbonato de sodio (75 gramos por cada litro de agua desionizada), las muestras se agitaron en homogeneizador y dejaron en inactividad durante 30 minutos, para posteriormente realizar la lectura a 765 nm en un lector de microplacas (Biotek, 146583, EUA). Para la construcción

de la curva patrón se empleó ácido gálico y los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 gramos de flor en base seca (mg EAG/100 g BS) (90).

Capacidad antioxidante por ABTS•

Principio

La prueba para capacidad antioxidante por ABTS•, se basa en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS· (Verde obscuro a verde claro o incoloro), debido a la interacción que se produce con las especies donantes de hidrógeno o electrones (96).

Procedimiento

Para llevar a cabo esta prueba se preparó una solución de ABTS• a concentración de 7 mM, y posteriormente se adicionó el persulfato de potasio al 2.45 mM. Esta solución se dejó reposar durante 16 horas y se realizaron pruebas de dilución con agua desionizada hasta obtener una absorbancia de 0.7±0.1 a una longitud de onda de 754 nm. Como molécula de referencia se empleó trolox (ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2- carboxílico), con la cual se construyó la curva patrón. De acuerdo a la técnica se colocaron 100 µL de muestra y 900 µL de la disolución de ABTS•, se dejaron pasar 7 minutos, para después leer la respetiva absorbancia a 754 nm (Biotek, 146583, EUA). Para fines de interpretación, los resultados se informaron como micromoles equivalentes de trolox por 100 g de base seca (µmol ET/ 100 g BS) (95).

Capacidad antioxidante por DPPH•

Principio

Cuando la capacidad antioxidante es medida por el método de DPPH•, se basa en la reducción del radical libre difenil-1-picrilhidrazilo coloreado (De morado intenso a lila o incoloro), por actividad de agentes antioxidantes (96).

Procedimiento

Para esta prueba se utilizó como molécula de referencia el trolox, para la construcción de la curva estándar, usando etanol para crear las diferentes concentraciones (0, 50, 100, 200 y 300 µmolET/L). Para el empleo de la técnica se vertieron 100 µL de la muestra y 500 µL de solución de DPPH·, posteriormente se agitaron y se mantuvieron a temperatura ambiente por 1 hora, para después proceder a la lectura de la absorbancia a 520 nm (Biotek, 146583, EUA).

Finalmente, para la construcción de la curva patrón se uso como molécula de referencia trolox (ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2- carboxílico) y la presentación de resultados fueron plasmados como micromoles equivalentes de trolox por 100 g de base seca (µmol ET/100 g BS) (97).

Capacidad antioxidante por FRAP

Principio

El análisis para la metodología de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), es empleado con la finalidad de medir la capacidad antioxidante total, y está basada en la capacidad de los polifenoles para reducir Fe(III) a Fe(II)

Procedimiento

Para este análisis se llevó a cabo la preparación del reactivo de FRAP, que contiene un buffer de pH 3.6 (3,1 g $C_2 H_3 NaO_2 .3H_2 O$ y 16 ml $C_2 H_4 O_2$), TPTZ 10 mM y $FeCL_3$ 20 mM con agua destilada. Para la curva patrón se empleó el sulfato ferroso ($FeSO_4$) 5 M como molécula estándar. Para la técnica se colocó en viales 30 µL de muestra, 90 µL de agua destilada y 900 µL de la solución de FRAP y se agitaron con homogeneizador. Posteriormente se dejaron en un baño de agua a 37° C por 10 min, para después leer su absorbancia de 593 nm (Biotek, 146583, EUA). La actividad antioxidante se expresó en micromoles de hierro (II) por 100 gramos de base seca (µmol Fe (II)/100 g BS) (98).

6.6.4 Saponinas mediante actividad hemolítica

Extracción de saponinas

Principio

La extracción que se aplicó para componentes antioxidantes líquido-sólido y está basada en la transferencia selectiva de compuestos desde una fase sólida hasta una fase líquida, la cual será de elección por la solubilidad de componentes (90)

Procedimiento

Se pesaron 5 g de flor liofilizada en un vaso de precipitado de 250 mL, se agregaron 50 mL de solución salina al 0.9%, se colocó un agitador magnético y se agitó a 300 rpm (Cole Palmer, CPI03401, EUA) durante 1 hora a temperatura ambiente, se adicionó 10 mL más de solución salina, y se dejó en agitación en las mismas condiciones por 1 hora más. Luego la muestra se centrifugó a 10,000 rpm (Beckman Coulter, Allegra 25R, EUA) por 10 min y se filtró el

sobrenadante con vacío, el filtrado fue vertido en un matraz aforado de 100 mL. El sedimento fue homogenizado con solución salina y centrifugado hasta aforar a 100 mL (97).

Actividad hemolítica

Principio

La cuantificación de saponinas por el método hemolítico se basa en la propiedad de las saponinas para producir hemólisis de la sangre *in vitro.*

Procedimiento

Para este procedimiento se recolectaron 10 mL de sangre de personas sanas, las cuales firmaron un consentimiento informado por escrito (Anexo 1), lo cual fue aceptado por el comité de ética e investigación de la UAEH (Anexo 2). La muestra de sangre con EDTA, se diluyó agregando 3 mL de solución salina estéril y se centrifugaron durante 5 min a 500 rpm (Eppendorf, 5417R, Alemania), se eliminó el sobrenadante y se repitió dos veces más este proceso. Posteriormente se preparó el paquete globular donde por cada 2 mL de glóbulos rojos se adicionaron 4 mL de solución salina estéril. Se realizaron diluciones en un rango de concentración de 500 μg/mL a 50,000 μg/mL. Para la técnica se mezcló el paquete globular y extracción de saponinas en proporción 1:1, se dejaron incubar a 37 ºC durante 30 min (Labtech, LSI-3016, Corea). Posteriormente los viales fueron centrifugados (600 rpm/10 min) (Eppendorf, 5417R, Alemania), y a partir del sobrenadante se midieron a la absorbancia a 570 nm en un lector de microplacas (100 μL) (Biotek, 146583, EUA). Como controles positivo y negativo, se empleó el agua desionizada y solución salina respectivamente, con las concentraciones antes mencionadas, el control positivo se consideró como el 100% de hemólisis y el negativo como un 0%.). Los resultados se interpretaron como porcentaje de hemólisis y como concentración inhibitoria 50, la cual corresponde a la concentración que provoca el 50% de hemólisis en la muestra sanguínea (99).

6.6.5 Bioaccesibilidad *in vitro*

Principio

Esta prueba se basa en la simulación de la digestión intraluminal, seguida de una fase de diálisis, la cual corresponde a la simulación de la absorción intestinal en un modelo *in vitro* (100).

Procedimiento

Para la simulación se tomaron las muestras de la flor liofilizadas y homogeneizadas (500 mg) y se colocaron en tubos de centrífuga de 50 mL, se adicionaron 20 mL de agua destilada y se ajustó el pH a 2 con ácido clorhídrico (HCl) 6 M. Después se adicionaron 120 µL de solución de pepsina (40 mg pepsina (P.700, Sigma Aldrich EUA) en un mL de HCL 0.1 M) y los tubos se llevaron a incubación a 37 °C en agitación a 60 rpm (LSI-3016, Labtech,Corea) durante 2 horas. Posteriormente, se adicionó 1.5 mL de solución bilis-pancreatina (Hidrato de colato de sodio (12.5 mg; C6445, Sigma Aldrich, EUA), dioxicolato de sodio (12.5 mg; D6750, Sigma Aldrich, EUA) y pancreatina (5 mg; P-1750 Sigma Aldrich, EUA) por cada mL de $NahCo_3$ 0.1 M) y se homogeneizaron. Las muestras digeridas se colocaron en membranas de celulosa de bolsas de diálisis de 15 cm con tamaño de poro de 12 KDa, posteriormente se colocaron a diálisis en una solución de $NaHCO_3$ (0.1 M) pH 7.5 por 16 horas en incubación y agitación a 37° C a 60 rpm (Labtech, LSI-3016, Corea). Para finalizar se subdividió la fracción bioaccesible y no bioaccesible y se reservaron a congelación para su posterior análisis por el método descrito (100) con algunas modificaciones (101) se determinaron antioxidantes y saponinas.

Por último, para el cálculo del porcentaje absorción intestinal, se consideró como el 100% al valor obtenido de la muestra original, y a partir del cual se determinó el porcentaje absorbido después del ensayo *in vitro.*

6.6.6 Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados por triplicado (excepto FD que fue realizada por cuatriplicado), los datos fueron ingresados a un software SPSS versión 25 (IBM, SPSS Inc.) y fueron expresados con media ± desviación estándar. Se aplicó una prueba de T de Student para encontrar diferencias entre especies de las flores de palma (*Yucca spp.)* y un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para la comparación de todas las muestras, aplicando una prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%.

VII. RESULTADOS

7.1 Análisis químico proximal de las flores de palma yuca

En la tabla 1, se muestran los resultados del análisis de composición química proximal de las flores de palma yuca en sus diferentes tratamientos (cruda, asada y hervida). Al comparar entre las especies *Yucca guatemalensis* Baker (YgB) y *Yucca filifera* Chabaud (YfC) del mismo tratamiento, el mayor ($p < 0.05$) porcentaje de cenizas lo presentó la flor YgB (asada), en grasa la YgB (cruda) y YfC (asada), para en fibra total y fibra insoluble fue la especie YfC (cruda y hervida), y en carbohidratos la flor YgB (asada y hervida).

En el análisis en que se comparan todas las muestras (especies y tratamientos de cocción), en el porcentaje de proteína y fibra soluble de las flores hervidas (YgB y YfC) tuvieron alto porcentaje ($p < 0.05$). En cuanto a cenizas, las dos flores hervidas y la flor YfC asada tuvieron datos menores ($p < 0.05$) comparadas con el resto.

En la determinación de grasa, la muestra YfC asada y YgB cruda fueron las más altas ($p < 0.05$), respecto a las demás muestras. En el caso del contenido de fibra total y fibra insoluble, la flor YfC hervida presentó el contenido más elevado ($p < 0.05$). Finalmente, la YfC cruda en carbohidratos fue la más alta ($p < 0.05$).

Los contenidos minerales fueron detectados mediante el análisis de energía dispersa (Tabla 2), en la comparación entre especies, en cuanto al magnesio, la flor YgB (hervida) fue significativamente más alta respecto a YfC, en el fósforo, potasio y calcio también se encontraron diferencias, sin embargo, la muestra YfC (asada y hervida) fue la de mayor contenido ($p < 0.05$).

Cuando se realizó la comparación entre todas las muestras, el tratamiento térmico y especie que presentó el mayor porcentaje en todos los minerales análizados fue la flor YfC asada ($p < 0.05$).

Tabla 1. Análisis químico proximal de las flores de palma (*Y. spp*) en base seca.

Muestra	Proteína (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Fibra total (%)	Fibra Insoluble (%)	Fibra Soluble (%)	CHO[1]
Cruda (YgB)	15.80±1.57^{b}	5.57±0.32^{a}	38.78±1.12^{*ab}	20.54±1.49^{e}	13.80±1.03^{d}	6.74±0.47^{d}	19.31±0.31^{c}
Cruda (YfC)	15.58±0.36^{b}	5.82±0.25^{a}	26.28±1.28^{d}	23.55±0.51^{*d}	17.55±1.22^{*c}	5.99±0.51^{d}	28.77±0.56^{*a}
Asada (YgB)	16.25±1.07^{b}	5.72±0.36^{*a}	27.28±1.68^{d}	29.16±0.90^{*c}	17.41±0.42^{*c}	11.75±1.13^{b}	21.07±0.45^{*b}
Asada (YfC)	16.10±0.25^{b}	4.80±0.15^{ab}	40.10±1.29^{*a}	19.73±0.07^{e}	9.35±0.30^{e}	10.37±0.24^{b}	19.27±0.37^{c}
Hervida (YgB)	22.21±1.5^{a}	3.98±0.70^{b}	34.19±3.70^{bc}	37.60±0.31^{b}	22.17±0.44^{b}	15.42±0.27^{a}	2.02±0.03^{*d}
Hervida (YfC)	23.73±1.16^{a}	3.82±0.11^{b}	31.13±1.08^{cd}	40.67±0.40^{a*}	26.12±0.84^{*a}	14.54±0.63^{a}	0.95±0.04^{e}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud, * indica diferencias significativas entre las especies (T Student). CHO[1]: Carbohidratos calculados por diferencia. $^{a-d}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre todas las muestras (ANOVA).

Tabla 2. Contenido mineral en flores de palma (*Y. spp*)

Muestra	Magnesio (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)
Cruda (YgB)	0.14±.01^{c}	0.33± .02^{e*}	2.12±.02^{c}	0.03±.01^{d}
Cruda (YfC)	0.16±.02^{c}	0.18±.07^{c}	1.26±.01^{d*}	0.06±.007^{d}
Asada (YgB)	0.43±.04^{a}	0.47±.01^{b}	3.74±.03^{b}	0.24±.01^{b}
Asada (YfC)	0.49±.01^{a}	1.87±.15^{a*}	13.40±.12^{a*}	0.36±.02^{a*}
Hervida (YgB)	0.23±.02^{b*}	0.05±.007^{f}	0.86±.02^{e}	0.17±.03^{c}
Hervida (YfC)	0.16±.01^{c}	0.24±.01^{d*}	0.75±.01^{e*}	0.16±.03^{c*}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. * indica diferencias significativas de las especies (T Student). $^{a-f}$ Letras superíndices indicandiferentes diferencias significativas entre todas las muestras (ANOVA).

7.2 Índice de refracción de la grasa

A partir de los lípidos obtenidos en la determinación de grasa, se midió su refracción con el refractómetro ATTAGO (2612), para posteriormente compararlos de acuerdo al manual del propio instrumento, el cual abarca la refracción de la mayoría de los aceites vegetales, y por medio de ello se podría conocer el perfil de ácidos grasos aproximado de las muestras en base a lo reportado en trabajos de investigación.

Los índices de refracción de los lípidos de las flores de palma de ambas especies, se plasman en la tabla 3. Los valores de refracción de las flores presentarón valores en un rango de 1.464-1.473; no se encontraron diferencias significativas tanto en la comparación por especie, así como en la comparación entre todas las muestras por lo que se puede suponer que el tratamiento térmico no afectó el perfil de ácidos grasos. De acuerdo al manual del refractómetro, las flores presentaron valores parecidos al aceite de soya (1.471-1.475), almendras (1.470-1.472), crisálida (1.471-1.476) y arenque (1.470-1.475).

Tabla 3. Índice de refracción de la grasa de flores de palma (*Y. spp*)

Muestra	ID
Cruda (YgB)	1.471±0.01[a]
Cruda (YfC)	1.472±0.01[a]
Asada (YgB)	1.473±0.02[a]
Asada (YfC)	1.464±0.09[a]
Hervida (YgB)	1.472±0.01[a]
Hervida (YfC)	1.467±0.00[a]

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. ID, índice de refracción. * indica diferencias significativas entre las especies (T Studen). [a] Letra superíndice indica que las muestras no presentaron diferencias significativas (ANOVA).

7. 3 Propiedades funcionales

Los resultados obtenidos de las propiedades funcionales de las dos especies de flores de palma (*Y. spp*) se muestran en la tabla 4, que incluyen la capacidad de retención de lípidos (CRL), capacidad de retención de agua (CRA) y la capacidad de absorción de glucosa (CAG). Al comparar las especies no se observaron diferencias en CRL, mientras que en CRA la flor YgB (asada) fue mayor ($p < 0.05$) en comparación con YfC (asada), en cuanto a CAG la flor YgB (cruda y hervida) presentó el porcentaje de absorción de glucosa más alto significativamente respecto a la otra.

En la comparación entre todas las muestras, en la CRL las flores hervidas de ambas especies y la flor YfC cruda fueron más altas ($p < 0.05$), se observó el mismo comportamiento en CRA para las YgB y YfC hervidas . En la CAG, la flor YfC cruda tuvo alta capacidad de absorción ($p < 0.05$) en relación a las demás flores.

Tabla 4. Propiedades funcionales de flores de palma (*Y. spp*)

Muestra	CRL (g/g)	CRA (g/g)	CAG (%)
Cruda (YgB)	3.33 ± 0.22^{b}	5.88 ± 0.43^{d}	$53.15\pm0.31^{*a}$
Cruda (YfC)	3.62 ± 0.22^{ab}	6.60 ± 0.89^{d}	23.59 ± 0.32^{b}
Asada (YgB)	2.97 ± 0.18^{b}	$9.79\pm0.65^{*b}$	00.00 ± 0.00^{e}
Asada (YfC)	3.16 ± 0.31^{b}	7.67 ± 0.42^{bc}	00.00 ± 0.00^{e}
Hervida (YgB)	4.44 ± 0.49^{a}	12.95 ± 1.20^{a}	$2.48\pm0.23^{*c}$
Hervida (YfC)	4.34 ± 0.63^{a}	13.08 ± 0.46^{a}	1.47 ± 0.16^{d}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. CRL: Capacidad de retención de lípidos, CRA: Capacidad de retención de agua, CAG: Capacidad de absorción de glucosa. ,* indica diferencias significativas entre especies (T Student). $^{a\text{-}d}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA).

7.4 Contenido antioxidante y su bioaccesibilidad *in vitro*

El contenido de FT y ácido ascórbico en la muestra original así como en la muestra bioaccesible (después del método de bioaccesibilidad *in vitro*), se encuentran plasmados en la tabla 5.

En el contenido de FT, en la comparación entre especies, tanto para la muestra original como para la bioaccesible, la flor YfC (cruda y asada) sobresale por sus valores mayores ($p < 0.05$). Mientras que en la comparación entre todas las flores, tanto en muestra original como bioaccesible, la flor YfC cruda fue mayor significativamente.

En cuanto al ácido ascórbico, cuando se compararon las especies, en la muestra original y bioaccesible, la YgB (cruda) tuvo un contenido mayor ($p < 0.05$). Respecto a la comparación entre todas las muestras, la flor YfC asada presentó el valor más alto ($p < 0.05$) en la muestra original. En las muestras de bioaccesibilidad, no se observaron diferencias, excepto en la flor YfC cruda , la cual fue menor significativamente ($p < 0.05$).

Tabla 5. Contenido antioxidante de flores de palma *(Y. spp)*

Muestra	Muestra original	Muestra bioaccesible	Muestra original	Muestra bioaccesible
	Fenoles totales (mg EAG/100 g BS)	**Fenoles totales (mg EAG/100 g BS)**	**Ácido Ascórbico (mg EAA/100 g BS)**	**Ácido Ascórbico (mg EAA/100 g BS)**
Cruda (YgB)	1280.33 ± 41.5^{b}	72.45 ± 8.09^{d}	$69.86\pm4.19^{*bc}$	$67.95\pm3.84^{*a}$
Cruda (YfC)	$2055.78\pm79.24^{*a}$	$433.18\pm16.48^{*a}$	51.44 ± 4.85^{d}	62.27 ± 4.73^{b}
Asada (YgB)	719.35 ± 15.84^{d}	95.71 ± 10.09^{c}	85.62 ± 1.45^{b}	69.47 ± 0.44^{a}
Asada (YfC)	$832.01\pm28.33^{*c}$	$146.09\pm9.73^{*b}$	$200.04\pm7.43^{*a}$	68.84 ± 1.41^{a}
Hervida (YgB)	$635.89\pm7.35^{*e}$	95.96 ± 7.80^{c}	10.95 ± 1.45^{e}	69.78 ± 2.10^{a}
Hervida (YfC)	568.96 ± 6.38^{f}	99.09 ± 9.30^{c}	$47.80\pm4.96^{d*}$	69.72 ± 1.30^{a}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. EAG: Equivalentes de ácido gálico, EAA: equivalentes de ácido ascórbico, BS: base seca. * indica diferencias significativas de las especies (T Student). a-f Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA).

En cuanto a los porcentajes de absorción intestinal de las muestras (Tabla 6), al comparar estadísticamente entre las especies, se observó que la presencia de FT en la flor YfC (cruda, asada y hervida) fue la que presentó el mayor porcentaje bioaccesible, y en general el porcentaje de FT se vió disminuido, ya que en promedio solo el 14.99% fue bioaccesible. En la prueba que compara todas las muestras, la flor YfC cruda obtuvo el porcentaje valor más alto ($p < 0.05$).

En cuanto al contenido de ácido ascórbico, las flores YgB (asadas y hervidas) y la YfC (cruda) fueron mayores ($p < 0.05$) y en la comparación de todas las flores, la especie YgB hervida fue mayor ($p < 0.05$).

Tabla 6. Porcentaje de absorción intestinal del contenido antioxidante de las flores de palma (*Y. spp*)

Muestra	Fenoles totales	Ácido ascórbico
Cruda (YgB)	5.74 ± 0.11^{e}	97.38 ± 0.11^{d}
Cruda (YfC)	$21.13 \pm 0.60^{*a}$	$121.35 \pm 0.30^{*c}$
Asada (YgB)	13.38 ± 0.10^{d}	$81.52 \pm 0.33^{e*}$
Asada (YfC)	$17.47 \pm 0.17^{*b}$	34.29 ± 0.90^{f}
Hervida (YgB)	15.07 ± 0.96^{c}	$637.34 \pm 0.36^{*a}$
Hervida (YfC)	$17.52 \pm 0.90^{*b}$	145.81 ± 0.80^{b}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. * indica diferencias significativas de las especies de flor de palma (T Student). a-d Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA).

7.5 Capacidad antioxidante y su bioaccesibilidad *in vitro*

La tabla 7 muestra los resultados de capacidad antioxidante por DPPH•, ABTS• y FRAP en las flores de palma (*Y. spp*). En el análisis entre las especies, se observó que en DPPH• en las muestras control, y las flores YgB crudas y asadas, fueron significativamente mayores ($p < 0.05$). En comparación entre todas las flores, la especie YgB asada presentó la mayor capacidad antioxidante ($p < 0.05$). En la muestra bioaccesible, entre especies la flor YfC (cruda) fue diferente significativamente. Mientras que en el análisis de todas las muestras, los resultados fueron similares ($p > 0.05$), excepto la flor YfC cruda que presentó la mayor capacidad antioxidante ($p < 0.05$) por DPPH•.

Para ABTS•, en el análisis estadístico por especie, en la muestra original las flores YfC (cruda, asada y hervida) tuvieron elevada capacidad antioxidante ($p<0.05$) en comparación con la flor YgB, sin embargo, al comparar entre todas las muestras, la flor YfC asada fue la que tuvo mayores valors ($p<0.05$). Por otro lado, cabe mencionar que no se detectó capacidad antioxidante por ABTS• cuando las muestras se sometieron al proceso de bioaccesibilidad *in vitro*.

Finalmente en FRAP, la muestra original de la flor YgB, con ambos tratamientos (cruda y hervida) presentó mayor ($p < 0.05$) capacidad antioxidante cuando se realizó la comparación entre especies y al comparar entre todas las muestras la flor asada YgB fue la más alta ($p < 0.05$). En el modelo de digestión *in vitro*, entre especies la flor YfC (cruda) y la YgB (asada) fueron elevadas ($p < 0.05$), acerca de la comparación entre todas las muestras, la florYfC asada fue superior ($p < 0.05$).

Los porcentajes de absorción intestinal (tabla 8), muestra la comparación entre especies, en los análisis por DPPH• así como en FRAP, donde YfC (cruda y hervida) presentaron el mayor ($p < 0.05$) porcentaje de absorción. En la comparación de todas las flores, YgB y YfC hervidas tuvieron los mayores porcentajes ($p < 0.05$) para DPPH• y FRAP, respectivamente.

Tabla 7. Capacidad antioxidante en flores de palma (*Y. spp*) y su bioaccesibilidad *in vitro*

Muestra	Muestra Original	Muestra bioaccesible	Muestra original	Muestra bioaccesible	Muestra original	Muestra bioaccesible
	DPPH• (µmol ET/100 g BS)	**DPPH •** (µmol ET/100 g BS)	**ABTS •** (µmol ET/100 g BS)	**ABTS•** (µmol ET/100 g BS)	**FRAP** (µmol EFe (II)/100 g BS)	**FRAP** (µmol EFe (II)/100 g BS)
Cruda (YgB)	2372.01±90.81^{b*}	3873.06±93.28^{b}	330.22±2.17^{d}	ND	64.41±2.51^{c*}	4.42±.034^{d}
Cruda (YfC)	2108.51±58.05^{c}	4043.43±51.98^{a*}	817.85±51.01^{b*}	ND	58.36±4.74^{c}	13.14±0.91^{c*}
Asada (YgB)	3158.28±73.02^{a*}	3878.35±62.81^{b}	461.43±04.19^{c}	ND	79.95±6.26^{b}	21.54±1.01^{a*}
Asada (YfC)	2114.86±30.84^{c}	3865.13±89.08^{b}	3055.05±56.17^{a*}	ND	144.37±4.19^{a*}	12.70±0.49^{c}
Hervida (YgB)	884.70±33.45^{e}	3878.35±62.81^{b}	135.59±11.71^{f}	ND	57.45±5.27^{c*}	20.43±2.50^{ab}
Hervida (YfC)	1794.76±75.10^{d*}	3866.71±57.75^{b}	228.47±02.39^{e*}	ND	18.79±5.96^{d}	19.28±1.15^{b}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. ET: Equivalentes de trolox, µmol EFe (II): Micromol equivalentes de hierro valencia II, BS: base seca. ND: No detectado. * indica diferencias significativas de las especies (T Student). $^{a-f}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA).

0

Tabla 8. Porcentaje de absorción *in vitro* de la capacidad antioxidante de flores de palma (*Y. spp*)

Muestra	DPPH•	FRAP
Cruda (YgB)	163.27±0.10^{e}	6.79±0.12^{f}
Cruda (YfC)	191.56±0.30^{c*}	22.42±0.18^{d*}
Asada (YgB)	122.74±0.21^{e*}	26.80±0.89^{c*}
Asada (YfC)	182.47±0.37^{d}	8.70±0.39^{e}
Hervida (YgB)	438.28±0.99^{a*}	35.48±0.36^{b}
Hervida (YfC)	215.32±0.24^{b}	102.46±0.39^{a*}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera* Chabaud. * indica diferencias significativas de las especies de flor de palma (T Student)l. $^{a-f}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA).

1

7.6 Saponinas mediante actividad hemolítica

Se ha informado que las saponinas interactúan con los esteroles presentes en las membranas de los eritrocitos y producen interacciones hemolíticas (95). Con la finalidad de la identificación de las saponinas en las flores de palma (*Yucca spp*), se realizó la prueba de actividad hemolítica a una concentración de 2000 mg/mL y se encuentra representada en la tabla 9. En la comparación entre especies, la flor YgB (hervida) tuvó un porcentaje mayor en la muestra original y la bioaccesible para los dos pacientes, por otro lado las muestras YfC (asada) y YgB (cruda) fueron mayores en la digestión *in vitro* en ambos pacientes.

En el análisis que compara todas las muestras, tanto para el paciente uno como para el dos en la muestra original, la flor YfC cruda obtuvó los valores mayores ($p < 0.05$), contrario a la muestra bioaccesible, donde la misma especie pero con el tratamiento de asado fue la que presentó un mayor porcentaje ($p < 0.05$).

La concentración inhibitoria 50 (CI_{50}) de la actividad hemolítica de las flores de palma (*Y. spp*) se observa en la Tabla 10. En la comparación entre las especies, la flor YfC (hervida y asada) y YgB (cruda) tuvieron CI_{50} mayores para ambos pacientes ($p < 0.05$), mientras que después del análisis de bioaccesibilidad, la especie YfC (cruda y hervida) y YgB (asada) destacaron por tener valores más altos en los dos pacientes ($p < 0.05$).

En la comparación de todas las flores, la especie YfC hervida en su muestra original tuvo una concentración significativamente mayor ($p < 0.05$), en cambio, en la muestra bioaccesible la flor asada YgB mostró valores elevados ($p < 0.05$) para ambos pacientes.

Tabla 9. Actividad hemolítica en flores de palma (*Y. spp*) y su bioaccesibilidad *in vitro.*

Muestra	PC1		PC2	
	Muestra original	**Muestra bioaccesible**	**Muestra original**	**Muestra bioaccesible**
	Hemólisis (%)	**Hemólisis (%)**	**Hemólisis (%)**	**Hemólisis (%)**
Cruda (YgB)	32.86 ± 0.69^{b}	$28.93\pm0.05^{*b}$	27.98 ± 0.67^{b}	$34.37\pm0.83^{*b}$
Cruda (YfC)	$45.17\pm1.14^{*a}$	16.52 ± 0.50^{c}	$51.94\pm0.41^{*a}$	13.50 ± 2.00^{c}
Asada (YgB)	$26.01\pm0.60^{*c}$	8.78 ± 10.09^{e}	$19.78\pm0.09^{*c}$	3.31 ± 0.35^{d}
Asada (YfC)	6.65 ± 0.11^{d}	$85.78\pm0.57^{*a}$	2.68 ± 0.27^{e}	$65.82\pm1.14^{*a}$
Hervida (YgB)	$23.85\pm1.16^{*c}$	$16.31\pm0.08^{*c}$	$12.51\pm0.52^{*d}$	$14.12\pm0.62^{*c}$
Hervida (YfC)	2.43 ± 0.26^{e}	13.24 ± 0.09^{d}	1.49 ± 0.16^{e}	11.07 ± 0.01^{c}

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera,* Chabaud. PC1: Paciente 1, PC2: Paciente 2. * indica diferencias significativas de las especies (T Student). $^{a\text{-}d}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA). Para la elaboración de esta tabla se empleó el porcentaje obtenido de la concentración de 2000 µg/mL.

Tabla 10. Concentración Inhibitoria 50 de flores de palma (*Y. spp*)

Muestra (mg)	PC1		PC2	
	Muestra original	Muestra bioaccesible	Muestra original	Muestra bioaccesible
	CI_{50}	CI_{50}	CI_{50}	CI_{50}
Cruda (YgB)	$3.04\pm0.06^{*c}$	3.45 ± 0.06^{d}	$3.57\pm0.090^{*c}$	2.91 ± 0.07^{cd}
Cruda (YfC)	2.21 ± 0.05^{c}	$6.05\pm0.18^{*c}$	1.39 ± 0.008^{c}	$7.49\pm1.11^{*bc}$
Asada (YgB)	3.84 ± 0.09^{c}	$11.39\pm0.38^{*a}$	$5.05\pm0.020^{*c}$	$30.31\pm3.24^{*a}$
Asada (YfC)	$15.03\pm0.25^{*b}$	1.16 ± 0.07^{e}	$37.36\pm0.270^{*b}$	1.51 ± 0.02^{d}
Hervida (YgB)	4.19 ± 0.20^{c}	6.12 ± 0.03^{c}	8.00 ± 0.330^{c}	7.08 ± 0.31^{bc}
Hervida (YfC)	$41.23\pm3.54^{*a}$	$7.62\pm0.08^{*b}$	$67.28\pm7.310^{*a}$	$9.03\pm0.01^{*b}$

(YgB) *Yucca guatemalensis* Baker, (YfC) *Yucca filifera,* Chabaud. PC1: Paciente 1, PC2: Paciente 2. * indica diferencias significativas de las especies de flor de palma (T Student) $^{a-e}$ Letras superíndices diferentes indican diferencias significativas entre las muestras (ANOVA). Los datos son expresados en µg/mL .

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Cambios nutrimentales en las flores de palma (*Y. spp*) durante los tratamientos de cocción.

En un estudio en *Yucca filifera* reportaron 25.9% de proteína, 8.5% de grasa y 9.7% de cenizas (9), valores ligeramente mayores a los encontrados en cuanto a proteína y cenizas y menores en cuanto a grasa comparados con el presente trabajo. En otro estudio, en flor de palma (*Yucca filifera*) se informó el 13% de proteína, 7% de grasa y 5% de cenizas, además se reportó 10% de fibra dietética total (FDT), del cual el 63% corresponde a fibra insoluble y el 37% a fibra soluble (98). Los valores anteriores fueron menores comparados con los obtenidos en esta investigación. Estas variaciones en la composición nutrimental de las plantas, pueden verse influidas por las diferencias en las condiciones ambientales a las que las plantas estuvieron expuestas y la edad de la planta cuando es cosechada (99).

En cuanto a los procesos de cocción, se observó que afectan al contenido nutrimental de la flor, en el caso de las proteínas (22.21-23.73%) y fibra dietética soluble (14.54-15.42%) las flores hervidas presentaron mayores porcentajes; esto podría explicarse por el cambio en los enlaces glucosídicos que pueden romperse durante la cocción térmica, ya que los polisacáridos que forman parte de la fibra dietética son capaces de despolimerizarse y formar complejos de proteína-fibra (100), lo que desencadenaría un aumento o disminución de estos compuestos (101). Por otro lado en cenizas (3.82-3.98%) y carbohidratos (2.02-0.95%) las muestras hervidas tuvieron menores porcentajes, esto podría deberse al proceso de cocción en agua, ya que cuando los alimentos son hervidos, ocurre una solubilización de compuestos en los líquidos de cocción, provocando la liberación de algunos compuestos de bajo peso molecular como carbohidratos (carbohidratos simples monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos) y minerales (cenizas) que son transferidos el agua de cocción (102).

Se ha establecido que la ingesta diaria recomendada (IDR) de fibra dietética para adultos sanos, es de 38 g en hombres y 25 g en mujeres al día (103). Por lo que la muestra con mayor contenido de FDT fue la flor YfC hervida, aportando 40.67 g fibra/100 g de flor, la cual se encuentra por arriba de la recomendación para hombres, por lo que se puede considerar un alimento rico en este componente, lo cual podría provocar beneficios; Se han estudiado hasta 50 g de fibra durante 6 semanas en una dieta para pacientes con diabetes tipo 2, y se mostraron mejoras

significativas en cuanto al control de la glucemia y perfil lipídico (104), por lo que la canidad que aportan estas flores podría considerarse adecuada. Por otro lado, una ingesta adecuada de proteína es de 0.8 g/kg de peso para un adulto sano (105), y para ejemplificar, en una dieta estándar de 2000 kcal de un adulto con peso de 80 kg, se requieren de 64 gramos de proteína para que el consumo sea adecuado. Por lo anterior, la flor YgB (22.21 g/100g) y YfC (23.72 g/100g) hervidas podrían contribuir con el 34.70 y 37.04%, respectivamente de aporte de proteína sí se consumen 100 g de esas flores.

Al comparar el porcentaje de las flores de palma con otras de consumo común como la flor de maguey (*Agave salmiana*) (16.4%) ó la flor de colorín (*Aloe vera*) (16.5%) (9), resulta mayor la de este trabajo.

Otro de los componentes notorios en la composición nutrimental de las flores de palma de este estudio es la grasa, las recomendaciones para este nutrimento van del 20 – 35% del requerimiento diario (106). Retomando el ejemplo anterior, para una dieta de 2000 kcal, con una distribución de macronutrimentos con el 20% de lípidos se requieren de 44.4 g; la muestra de mayor contenido fue la YfC asada (40.10 g/100 g) la cual con 100 gramos contribuiría al 90.23% de la ingesta total, es importante recordar que los datos fueron expresados en base seca, por lo que el consumo de la flor en fresco cambiará su aporte nutrimental.

Otras FC como la especie de pensamiento (*Viola × wittrockiana*) y la flor de calabaza (*Cucurbita pepo*) contienen 5% de grasa (107), son notablemente menores a los datos mostrados en la flor de palma.

8.2 Modificación del contenido mineral de flores de palma (*Y. spp*) por dos diferentes métodos de cocción

Actualmente no se ha reportado el contenido mineral en las flores de palma, sin embargo, se ha reportado este contenido en plantas medicinales usadas en siria (*Artemisia herba-alba, Anisum vulgare* y *Glycyrrhiza glabra*), las cuales presentaron contenidos importantes en potasio (13.7, 13.5 y 6.4% respectivamente) y calcio (23.6, 15.5 y 6.4% respectivamente) (108), que al compararse con las flores de *Y. spp* son mayores. Específicamente en FC de nácar (*Begonia cucullata*) presentan un contenido mayoritario en potasio (4.1%) y calcio (0.7%) (109). De igual forma que las plantas provenientes de Siria mencionadas anteriormente, estos porcentajes son mayores a las flores de yuca de este trabajo. Esto ha sido reportado, ya que se ha considerado a las FC fuentes de minerales principalmente potasio, fósforo y calcio (110).

Es importante tomar en cuenta que el ambiente, lugar y tipo de cultivar donde las plantas crecen, podrían causar diferencias en el contenido mineral de las flores (111).

En un estudio de semillas de cártamo, las sometieron a procesos de cocción (asado y hervido), el potasio y magnesio fueron estables durante el asado (112), al igual que en espinacas hervidas, el potasio, magnesio y calcio se mantuvo estable en la cocción, es decir no ocurrieron pérdidas minerales significativas por el proceso de cocción (113). Esta estabilidad de los minerales en procesos de cocción no se ha presentado en flores, pero en un trabajo realizado en arroz, ocurre un incremento de magnesio durante la cocción y se atribuye a la liberación o fluido de estos componentes propios de la matriz alimentaria (114). En otro un trabajo en una planta japonesa (*Aralia elata)*, se aumentó el contenido de minerales (magnesio, zinc, potasio, hierro y cobre) durante la cocción a vapor, debido principalmente a la especie de tejido vegetal, el tipo de mineral, tiempo y método de cocción (115). Por lo que concierne al aporte mineral, el asado es el tratamiento de cocción que se considera mejor, por su mayor contenido de minerales.

8.3 Similitud del perfil de ácidos grasos de las flores de palma (*Y. spp*) con otros aceites.

Las flores YgB podría tener un perfil de ácidos grasos parecido a los que se han observado en los aceites anteriormente mencionados (sección de resultados y en base al manual del refractómetro ATTAGO), de los cuales el aceite de soya contiene el 15.5% de ácidos grasos saturados y el 84.5% de insaturados, el 68.7% corresponde a poliinsaturados (resaltando el linoleico y linolénico), y el 16.7% monoinsaturados (entre lo que se encuentran el ácido oleico) (116). Por su parte el aceite de almendras presenta el 17.83% de ácidos grasos saturados, 82.16% de insaturados (56.97% son poliinsaturados y 43.07% monoinsaturados) (117). En el caso del aceite obtenido de la crisálida se ha reportado una composición del 28.2% de ácidos grasos saturados y el 71.4% de insaturados, a partir de ellos el 41.6% son monoinsaturados y 27.7% poliinsaturados (118). Finalmente el aceite de arenque tiene el 28.06% de ácidos saturados y el 71.94% de insaturados (34.41% monoinsaturados y 37.53% de poliinsaturados) (119), por lo que se sugiere que el contenido de ácidos grasos insaturados en esta flor es más alto.

Por otro lado las muestras YfC comparten similitud en el índice de refracción con el aceite de cacahuate (1.460-1.472). Por lo que se da por entendido que el perfil de ácidos grasos de la variedad YfC comparte caracterósticas con el aceite de cacahuate, que se ha reportado con

39.6% de ácidos grasos saturados y 59.7% de insaturados (42.2% monoinsaturados y 17.5% de poliinsaturados) (120). Por su semejanza en contenido de ácidos grasos insaturados, la flor puede aportar beneficios a la salud, ya que los ácidos grasos omega 3 y 6 están involucrados principalmente en el mantenimiento adecuado de la membrana celular, regulando la salida y entrada de sustancias a la célula, además se ha encontrado que una dieta suplementada con ácidos grasos monoinsaturados, reduce el colesterol y lipoproteínas de muy baja densidad (121) . Otro de los efectos benéficos por dietas ricas en ácidos grasos es cuando se consume el omega 3, durante 3 semanas, ya que disminuyen los niveles de células mononucleares circulantes (células que son monocíticas involucradas en procesos de inflamación) así como de citocinas proinflamatorias (interleucina 6 y 8, factor de necrosis tumoral y proteína C reactiva), en consecuencia se ven disminuídos los procesos de inflamación (122). En base a ello uno de los beneficios más recientes es su posible aplicación en pacientes con síndrome respiratorio agudo severo por COVID-19, por la actividad mediadora de proinflamatorios e inmunomodulación que los ácidos grasos omega 3 (123) mencionados anteriomente.

Otro de los beneficios reportado, es la disminución en el índice de masa corporal (IMC), ya que en un estudio en hombres que consumían de manera habitual aceite de palma (comercial) para cocinar, frente a un grupo que usaba aceite de cacahuate (comercial) en sus preparaciones, se observó una reducción en IMC (1.35 kg/mt^2 menos) y en glucosa en ayunas (0.16 mmol/L) en aquellos que consumieron el aceite de palma (120), sin embargo se requiere de un estudio más profundo para determinar y cuantificar el perfil de ácidos grasos provenientes de las flores de palma del presente trabajo.

8.4 Impacto del tratamiento de cocción sobre las propiedades funcionales de las flores de palma (*Y. spp*).

No se encontraron estudios que reporten la capacidad de retención de lípidos (CRL) en las flores de palma. No obstante, los valores obtenidos en este trabajo fueron mayores (3.62-2.97 g/g) al compararlos con otras matrices alimentarias, como lo presentado en una investigación en harina de almendras (1.44 g/g), harina de nuez pecana (1.25 g/g) y harina de soya (1.23 g/g) (124). Por otro lado en un trabajo, donde se elaboró una harina con residuos de frutas y verduras (naranja, maracuyá, sandía, lechuga, calabacín, espinaca, menta, pepino y rúcula) mostraron una CRL de 1.91 g/g (124), la cual fue menor a la mostrada por las flores de palma en esta investigación. Las diferencias en este parámetro se deben a la variabilidad de la densidad de carga (propiedad) y la naturaleza hidrofóbica de las moléculas de la fibra dietética (125). Esta

capacidad para retener lípidos es importante como propiedad fisiológica, ya que podría ayudar a prevenir hiperlipidemias, pues permitiría una reducción de colesterol en plasma (126) debido a que ocurre una disminución en la capacidad de absorción o unión de ácidos biliares, por lo que la excreción de lípidos se ve aumentada y como consecuencia una reducción en niveles lipídicos plasmáticos (127).

Se ha reportado la capacidad de retención de agua (CRA) en flor la de palma cruda con valores de 10.5 g/g (98), y en otras plantas comestibles como huauzontle (11.4 g/g crudo y 9.4 g/g hervido), quelite (12.2 g/g crudo y 10.5 g/g hervido), verdolaga (10.5 g/g crudo y 8.6 cocido) y quinoa (12.4 g/g crudo y 10.1 g/g cocido) (87). Esos valores son ligeramente mayores que los de esta investigación cuando la flor se encuentra en crudo. Sin embargo son similares al compararlos con la flor de plama hervida. Esta propiedad se relaciona con el contenido de fibra insoluble, ya que esta tiene capacidad de retención de agua de los polisacáridos de la fibra insoluble. Esto concuerda con los resultados obtenidos en la tabla 1, ya que las muestras que fueron hervidas y asadas, aumentaron su contenido de fibra insoluble y también su capacidad de retención de agua comparada con las crudas. Algunos beneficios de la CRA que es provocada por acción de la fibra insoluble son el aumento en el volumen de las heces fecales, contribuyendo a un tracto intestinal normal y previniendo enfermedades como el estreñimiento y la diverticulosis colónica (128).

En un estudio de residuo de *Opuntia ficus-indica* se reporta que capacidad de absorción de glucosa es menor (7.8 g/g aproximadamente un 39%) (129) a la presentada en la muestra cruda de la variedad (YgB) (53.15±0.3 g/g) Las diferentes cantidades de absorción de glucosa están principalmente determinadas por la viscosidad de los polisacáridos solubles (130), un beneficio importante de esta propiedad en el organismo, es la reducción de las moléculas de glucosa disponibles, es decir, una disminución de glucosa en la luz intestinal, por lo que ocurriría una reducción en la hiperglucemia posprandial (131).

8.5 Comportamiento de fenoles totales y ácido ascórbico en las flores de palma (*Y. spp*) con tratamientos térmicos de cocción y su impacto en la bioaccesibilidad *in vitro.*

El contenido de FT incluye un gran número de componente fitoquímicos, que desempeñan actividades antioxidantes, citotóxicas, antimicrobianas, anticancerígenos y la capacidad quelante de algunos metales (mercurio, manganeso, cobalto, plomo, entre otros) (132). Los FT

se han reportado en otras flores de consumo humano crudas, un ejemplo de ello la *Jasminum sambac* (L.) Ait (12.66 mg EAG/g), y la *Hibiscus sabdariffa* L. (21.09 mg EAG/g) (133), estas fueron similares a lo obtenido en el presente estudio respecto a la flor YgB y YfC, respectivamente.

Se observó que las flores de este trabajo disminuyen su aporte de FT cuando son sometidas al proceso de cocción, ya que en las flores hervidas hubo una disminución en promedio de 61.33%, con respecto a las muestras crudas, esta pérdida fue similar a lo reportado en col rizada (70%) (134) y flor de calabaza que disminuyó el 64.15%, esto se debe a que los compuestos fenólicos al ser compuestos hidrosolubles, se pierden por una disolución en el agua durante la cocción (135).

Por otra parte, en las muestras asadas, las flores de palma disminuyeron el contenido FT en un 48.32% en promedio, un comportamiento similar se presentó en verduras y aceite de olivo durante el asado (180 ºC), donde los FT disminuyeron el 28.27% (136). La disminución en estos compuestos podría explicarse por una interferencia entre componentes, como los metales (hierro y cobre), lo cuales pueden ser responsables de la degradación de compuestos fenólicos (137), también podría atribuirse al cambio en el contenido de humedad en los vegetales, ya que puede acelerar la hidrólisis de estos compuestos, pues se sabe que la oxidación provocada por metales (cobre y hierro) cuando hay presencia de agua es acelerada (138).

Los FT redujeron en la muestra del modelo de digestión *in vitro,* ya que en promedio únicamente el 14.99% fue bioaccesible, esto concuerda con lo reportado en flores usadas para alimentación y medicina tradicional China, donde 18 de las 23 especies disminuyeron alrededor del 16% del contenido inicial (133). Es importante considerar estos resultados cuando se consuma la flor de palma con la finalidad de obtener beneficios a partir del aporte de fenoles, aunque el porcentaje de bioaccesibilidad disminuyó, se tiene conocimiento de que la fracción que no es absorbida en intestino delgado pasa a intestino grueso (139), donde por acción de la microbiota del colon se catabolizan los flavonoides convirtiéndolos en moléculas más pequeñas (ácidos fenólicos y aromáticos), los cuales se absorben en las vellosidades intestinales (140), lo que se considera como una biotransformación y hace una mejora en la absorción comparada con los compuestos originales. De tal manera se puede brindar protección al consumidor, como preventivo de enfermedades crónicas y neurodegenerativas (141,142), además se ha evidenciado que los polifenoles provocan aumento en las bacterias simbióticas, lo que produce

un equilibrio en la microbiota intestinal (143). En base a ello resultaría interesante estudiar los catabolitos de origen fenólico producidos en la fermentación colónica y sus beneficios en la salud.

El ácido ascórbico (vitamina C) es una vitamina de tipo hidrosoluble, la cual desempeña un papel antioxidante en el organismo y es un cofactor de prolina y lisina oxidasas para la síntesis de colágeno (144), tiene importante participación en el metabolismo de carnitina, catecolaminas y hierro, además es un componente esencial en el cuerpo humano, debido a que no se puede sintetizar. La recomendación diaria de vitamina C en adultos es de 60 mg por día (145), sin embargo, para garantizar la protección contra enfermedades crónicas no transmisibles son necesarios 400 mg/día (146). Las flores de la presente investigación tenían menor contenido de ácido ascórbico (0.1-0.85 mg/g) en relación con las flores de *Agave salmiana* (3.41 mg/g), *Aloe vera* (2.76 mg/g), *Erythrina americana* (5.70 mg/g) y *Myrtillocactus geometrizans* (2.62 mg/g) (147), excepto por la flor YfC asada (2.0 mg/g) que fue similar a la *Aloe Vera*. Las diferencias en el contenido de este compuesto entre las especies, se puede ver influenciada por las diferencias genotípicas, agronómicas, manejo poscosecha y también la falta de homogeneidad en la propia matriz (148). En relación a la ingesta diaria recomendada, con cualquiera de las muestras de este trabajo en 100 g se cubriría, y en cuanto a protección de enfermedades no transmisibles, con el consumo de 100 g de flor se cubriría un 16.87%.

Durante la cocción se observó una disminución en las flores que fueron hervidas, en promedio un 54.43%. En espinacas crudas y hervidas, hubo reducciones de hasta el 100% (148). En otro trabajo sobre plantas comestibles (huauzontle, verdolaga, quelite y quinoa) alcanzaron en promedio una pérdida del 35% (87). Esto es explicado, por la naturaleza hidrosoluble del ácido ascórbico, ya que ocurre una solubilización en el agua de cocción de los vegetales (147), además de que la vitamina C es altamente sensible a procesos térmicos y de oxidación (149).
A pesar de estos comportamientos conocidos del ácido ascórbico, se presentó un aumento con el contenido en las flores asadas (de hasta 2 veces). Este incremento se ha reportado en otros vegetales como las papas, chícharos y hongos (150–152). Una de las posibles causas de esto es la desactivación de la oxidasa de ácido ascórbico (ascorbato oxidasa) por acción del tratamiento térmico (150), así como el aumento de permeabilidad del tejido, que permite una mejor extracción del ácido ascórbico (151). Pese a estas observaciones se requieren de estudios más profundos para determinar la causa del aumento de ácido ascórbico.

En cuanto a los valores de bioaccesibilidad *in vitro* en las muestras no presentaron diferencias significativas en acido ascórbico. Sin embargo, aunque la concentración de este compuesto se vio afectada por la cocción por el hervido, aumentó en su fracción bioaccesible. No se han encontrado estudios que presenten resultados similares, por lo que resulta necesario más investigaciones al respecto. En un yogurt adicionado con jugo liofilizado de tuna púrpura y con tratamiento de termoultrasonicado, se observó que aumentan la bioaccesibilidad de ácido ascórbico después del tratamiento (153), comportamiento similar a este trabajo. Con esto se puede indicar, que en lo que respecta al ácido ascórbico, no se encuentran diferencias entre los tratamientos y la flor cruda para la absorción del compuesto.

8.6 Capacidad antioxidante en las flores de palma (*Y. spp*) después del asado y hervido.

Algunos de los procesos degenerativos en el cuerpo se relacionan con el exceso de radicales libres en el organismo, la forma de reducir la presencia de estas moléculas es aumentar el consumo de antioxidantes, existen ensayos para medir la capacidad antioxidante de los compuestos, la prueba de ABTS• tiene la aplicabilidad para antioxidantes lipofílicos e hidrofóbicos, mientras que DPPH• para aquellos compuestos hidrofóbicos, por el contrario, la prueba de FRAP, únicamente está enfocada en compuestos hidrofílicos (154).

Las flores de palma en crudo presentaron capacidad antioxidante por DPPH• fue similar a los presentados en *Redartfulplum* tea (2114 μmol ET /100 g BS) y *Gomphrena globosa* Linn. (2974 μmol ET /100 g BS) (95). Sin embargo, en las flores hervidas hubo disminución de capacidad antioxidante. En otras plantas hervidas como verdolagas (155) y menta (156) reportaron el mismo comportamiento. Se ha establecido una fuerte asociación entre la capacidad antioxidante y los FT (155) por lo que una disminución en esta capacidad, se puede deber al descenso de compuestos fenólicos (156). Esto se puede observar en la tabla 4, donde las flores hervidas presentaron menor contenido de FT, y como consecuencia hubo una disminución en la capacidad antioxidante por DPPH•.

En cuanto a las muestras bioaccesibles, se presentó un incremento en todas, ya se ha reportado este aumento en FC, de hasta 2.4 veces en *Paeonia lactiflora* Pall. Posiblemente está relacionado con la acción que ejerce el pH del estómago, el cual modifica las moléculas creando

dos enantiómeros quirales, que poseen una reactividad con el reactivo empleado (157), lo que alteran las reacciones biológicas cuando el proceso digestivo da inicio, y se puede incrementar la captación de radicales libres (157,158) lo que podría explicar el aumento en la capacidad por DPPH• en la fase bioaccesible. Por otro lado, la capacidad por DPPH• se puede ver mejorada cuando se encuentra presente el ácido ascórbico, debido a que su actividad depuradora que potencializa la reacción de los reactivos empleados en esta prueba (159). Lo que se puede relacionar con el aumento de ácido ascórbico presentado en la muestra bioaccesible (tabla 4).

Por otro lado, en ABTS•, se observó un aumento en las flores asadas respecto a las crudas. Un estudio en café (96) y en verduras asadas (acelga, ajo, berenjena, champiñon, cebolla, coliflor, espinacas, entre otras); mencionan que existe un ligero aumento cuando las condiciones del asado se realizan por cortos tiempos (menor a 10 minutos) (160), lo que coincide con este trabajo, ya que las flores de palma fueron asadas durante 5 minutos. Esto puede ser efecto de la cocción térmica, que podría liberar compuestos antioxidantes, por ruptura de membranas (161), además de una formación de nuevos compuestos degradantes de radicales libres (96). Sin embargo, esta actividad no fue detectada en ninguna flor en las muestras bioaccesibles. Este acontecimiento fue indicado en un trabajo de chile piquín (*Capsicum annuum* L. Var. *Glabriusculum)* (162) y jugo de betabel (*Beta Vulgaris)* (163); los autores mencionan que existen ciertos factores que afectan la medición de esta capacidad antioxidante, como la formación y estabilidad de radicales, y en el caso de la capacidad antioxidante por ABTS• deberá formarse un radical catiónico inicial (164). La falta de detección en ABTS• se puede atribuir al pH alcalino que es producido en la muestra durante la prueba, lo que no permite la estabilidad del catión radical ABTS• (162).

Finalmente para FRAP, la variedad YgB y YfC en crudo fueron similares a lo publicado en rosa de mayo (*Antigonon leptopus* 61.97 μmol EFe (II)/100 g) y flor de buganvilla (*Bougainvillea hybrida* 58.8 μmol EFe (II)/100 g) respectivamente (165), cuando las flores fueron sometidas a cocción en agua a ebullición, la capacidad por FRAP se vio disminuida. En otro trabajo se observó que la coliflor (*Brassica oleracea* L. ssp. *Botrytis*) hervida tuvo menor poder antioxidante para reducir hierro, esto se debe a la pérdida de compuestos en el agua de cocción y también a la relación que existe entre el vegetal y el agua durante el hervido (166). En el caso de las flores asadas, la capacidad antioxidante (FRAP) se elevó, este incremento se ha reportado en el vegetal melón amargo (una especie de cabalaza) *Momordica charantia* L, lo

que es atribuido a la solubilización de fitoquímicos que suceden en el asado, provocando el aumento en la capacidad antioxidante (167). Respecto a la muestra bioaccesible, la mayoría de las flores disminuyeron los valores en el modelo de digestión *in vitro,* esta conducta se observó en FC tradicionales de china (133). Los cambios en la capacidad antioxidante (FRAP) en la digestión *in vitro* se relaciona con los procesos químicos (formación o rompimiento de enlaces, liberación de moléculas) que ocurre, y como esto ocasiona interacciones con otros fitoquímicos y biomoléculas presentes en la matriz alimentaria, lo que puede provocar aumentos o disminuciones (168).

8.7 Cambios saponinas por temperatura en la cocción de flores de palma (*Y. spp*) y comportamiento durante la bioaccesibilidad *in vitro*.

La prueba de actividad hemolítica es un método utilizado para confirmar la presencia de saponinas, es decir la presencia de actividad hemolítica no es más que un indicativo de la presencia de saponinas (169). Esta actividad se refiere a la capacidad que poseen las saponinas a través de la interacción con los esteroles de la membrana celular del eritrocito, provocando su ruptura (170).

El porcentaje de actividad hemolítica, de las flores de palma presentaron valores menores a los presentados en plantas medicinales (*Sillene vulgaris, Sapindus mukorossi* y *Chlorophytum borivilianum*) usadas en la India, ya que estas a partir de 1000 μg/mL presentaron porcentajes de hemólisis arriba de 99.31% (171), a diferencia de las flores de palma, que a 2000 μg/mL el rango fue de 1.49-85.78%. Las diferencias en la actividad hemolítica se pueden deber a la naturaleza de las saponinas y su molécula de aglicona, la complejidad, longitud de las cadenas de azúcar (172) y la presencia de un residuo de acilo o anillo de óxido (173) y por último a las características dependientes del individuo como la permeabilidad de la membrana de los eritrocitos (172). En cuanto a la concentración inhibitoria 50 (CI_{50}), las saponinas de las flores de palma (*Y. spp*) presentan bajo nivel de hemólisis, comparado con lo obtenido en saponinas de *Holothuria leucospilota* (0.5 μg/mL) (172).

La tendencia de hemólisis en las muestras originales se fue reduciendo en los tratamientos de cocción, observándose en promedio una disminución del 33.21% para la flor YgB y el 93% para las flores YfC. Esto se ha reportado también en frijoles con reducciones del 3.1% en

frijoles hervidos (174). Esto se debe a que la cadena de azúcares de las saponinas permite que sean compuestos hidrosolubles, por lo que al cocinar los alimentos en agua ocurre una pérdida por lixiviación (175). Además, en una investigación de *Platycodon grandiflorum* Radix, se observó que cuando esta planta es sometida a temperaturas de asado (mayores a 45º C) el contenido de saponinas disminuye, por lo que una temperatura mayor afecta el contenido de saponinas (176).

Con respecto a la valoración de las muestras bioaccesibles, no se encontraron reportes de la medición de actividad hemolítica en un modelo de digestión *in vitro*. Sin embargo, destacan las muestras asadas y hervidas de la variedad YfC por aumentar el porcentaje de hemólisis en la muestra bioaccesible. Un comportamiento similar fue presentado en saponinas extraídas por cavitación y calor provenientes de semillas comestibles, donde se observó que cuando las saponinas expuestas al calor, aumentan su bioaccesibilidad, sugiriendo su liberación en la matriz alimentaria por un tejido celular dañado por acción del calor (177). En general la bioaccesibilidad en la prueba de hemólisis fue elevada, (mayor al 100% en algunas muestras con respecto a sus valores iniciales). Lo anterior concuerda con lo reportado en saponinas procedentes de quinoa (*Chenopodium quinoa*) donde valores representativos fueron bioaccesibles (mayores de 89%) (178). Como ya se ha mencionado las saponinas son compuestos hidrosolubles, por lo que se pueden automicelar en medios acuosos, se ha descrito una hidrólisis de estos compuestos en estómago, tanto por actividad de enzimas, como por el medio ácido, lo que favorece la dispersión y al mismo tiempo la cercanía a los enterocitos, y como consecuencia ocurre una mejora en el tiempo de su absorción, la cual se ha descrito por medio de difusión pasiva en la membrana y también como sustratos en transportadores de eflujo (179), los niveles de absorción se relacionan directamente con el tipo de saponinas, lo que las hace más o menos bioaccesibles (180).

Las saponinas resultan importantes en la digestión de lípidos, ya que se ha reportado que tiene acción sobre la bioaccesibilidad del colesterol reduciendo hasta el 44%, y de ácidos grasos saturados hasta el 69% cuando fue adicionada una extracción de saponinas de *Quillaja* Dry (la cual contiene un 26% de saponinas) (181). El mecanismo por el cual reduce la absorción de lípidos, es por la inhibición de la actividad de la lipasa pancreática, se ha sugerido que las saponinas cambian la organización micelar de las formando micelas de pesos moleculares superiores a 106 daltons, por lo que la actividad de la enzima se ve afectada, ya que estas micelas no son disponibles para la absorción (182). Estos compuestos podrían considerarse

importantes para el tratamiento de obesidad e hiperlipidemias, aunque se requieren más estudios para comprobar la actividad de las saponinas provenientes de las flores de palma.

Otros efectos de las saponinas, es la toxicidad en microorganismos patógenos, aumentando la mortalidad, reduciendo las actividades de desarrollo y reproducción, en el caso de bacterias como *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Bacillus subtilism Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* se comprobaron concentraciones entre 0.5 y 1 mg/mL (extracto de *Anabasis articulata*) las cuales presentaron un efecto antimicrobiano (183). Por otro lado, en un estudio en ratas Sprague-Dawley, suplementadas con saponinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) (5, 50 y 500 mg/kg peso) durante 90 días, y a medida que la dosis aumentaba, se hizó presente una disminución de peso y niveles de glucosa en sangre, al igual que un aumento en la diversidad de la microbiota intestinal; sin embargo en las ratas suplementadas con la dosis mayor, se observó una ligera necrosis en la mucosa intestinal (únicamente en hembras) asociado con el aumento de la diversidad en la microbiota intestinal y cambios en el metabolismo de hígado y riñón, por lo que se determina que el efecto toxico es dependiente de dosis y sexo; y se consideró como una dosis segura y con efectos benéficos la de 50 mg/ kg peso al día (184).

IX. CONCLUSIONES

- La composición nutrimental de las flores de palma (*Yucca spp*) se afecta por los procesos de cocción en ambas variedades, resaltando las flores hervidas por su contenido mayor en proteína y fibra soluble, así como el menor contenido en carbohidratos y cenizas; mientras que el contenido mineral fue mayor en la flor asada YfC.
- Respecto a la capacidad de retención de lípidos y agua aumenta con el proceso de cocción, se observa que ambas variedades hervidas tuvieron los valores más altos, y en la capacidad de absorción de glucosa las muestras crudas fueron más eficaces.
- El contenido de FT y capacidad antioxidante (ABTS•, DPPH• y FRAP) disminuye cuando las flores se someten a cocción, contrario al ácido ascórbico donde los valores mayores se presentan en las flores asadas.
- La actividad hemolítica disminuye notablemente cuando las flores de palma fueron sometidas a cocción, y la variedad YfC destaca por tener una mayor actividad.
- En cuanto a la bioaccesibilidad *in vitro*, en general las muestras aumentaron su porcentaje de biodisponibilidad en ácido ascórbico y DPPH• y la flor YgB asada incremento significativamente su actividad hemolítica.

X. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se observan compuestos que resultan importantes en el TO como ácidos grasos insaturados, fibra dietética y saponinas, por lo que se recomienda:

- Establecer un método de extración óptimo para saponinas, su identificación y cuantificación en las flores de palma yuca.
- Cuantificación y determinación de ácidos grasos en las flores de palma yuca.
- Determinar la dosis letal 50 de saponinas provenientes de las flores de palma yuca en un modelo animal.
- Evaluar el efecto antiobesogénico e hipolípidico de las flores de palma yuca en un modelo animal.
- Evaluar el impacto de la suplementación de saponinas provenientes de flores de palma (*Yucca spp*.) en la microbiota en un modelo animal.

XI. REFERENCIAS

1. Shamah T, Vielma E, Herendia O, Romero M, Mojica J, Cuevas L, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018-19. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2020.
2. Bray G, Kim K, Wilding J. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. Obes. Rev. 2017;18(7):715–23. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/obr.12551
3. González-Muniesa P, Mártinez-González M, Hu F, Després J, Matsuzawa Y, Loos R, et al. Obesity. Nature Reviews Disease Primers. 2017;3(1):1–18.
4. Apovian C, Aronne L, Bessesen D, Mcdonnell M, Murad M, Pagotto U, et al. Pharmacological Management of Obesity: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2015;100(2):342–62.
5. Lobo I, Valero M, López-Frías M. Surgical treatment for obesity: a protocol. Medicine. 2020;13(14):807–11.
6. Martínez-García, C. Olgin-García F. Guía de consulta de flores mexicanas comestibles. Universidad Autónoma del Estado de México. 2019:25-39.
7. Assof, M. Jofré, V. Fanzone, M. Occiuto P, Quiroga, M. Césari, C. Díaz A. Estudio de diferentes métodos de conservación de flores comestibles. Revista Jornadas de Investigación. 2019;71:2314–2170.
8. Mora-Olivo, A. Hurtado-González, M. Gaona-García R. Las flores comestibles del desierto. CienciaUAT. 2009;4(2):10–3.
9. Sotelo A, López-García S, Basurto-Peña F. Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. Plant Foods for Human Nutrition. 2007;62(3):133–8.
10. Chen G, Li H, Zhao Y, Zhu H, Cai E, Gao Y, et al. Saponins from stems and leaves of Panax ginseng prevent obesity via regulating thermogenesis, lipogenesis and lipolysis in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice. Food and Chemical Toxicology. 2017;106:393–403.
11. Rodiles-López J, Arriaga-Martínez L, Martínez-Flores H, Zamora-Vega R, García-Martínez R. Desarrollo de una tortilla adicionada con harinas de aguacate y nopal y su efecto en la reducción de colesterol, triglicéridos y glucosa en ratas. Biotecnia. 2019;21(2):71–7.

12. Alonso N, González A. La obesidad. Clasificación. Causas que la provocan. Consecuencias para la salud. Medidas para combatirla. Anatomía Digital. 2019;2(3):18–33.
13. Joffe Y, Houghton C. A Novel Approach to the Nutrigenetics and Nutrigenomics of Obesity and Weight Management. Current Oncology Reports. 2016;18(43):5–7.
14. Dhasarathy, A., James N., Kate J. Influence of maternal obesity, diet and exercise on epigenetic regulation of adipocytes. Molecular Aspects of Medicine. 2017;37(54).
15. Acosta A, Camilleri M, Shin A, Vazquez-Roque M, Iturrino J, Burton D, et al. Quantitative gastrointestinal and psychological traits associated with obesity and response to weight-loss therapy. Gastroenterology. 2015;148(3):537-546.e4.
16. Yamauchi, F. Castro A. Obesidade, adiposopatia e biomarcadores de imagem quantitativa. Radiologia Brasileira. Colegio Brasileiro de Radiologia; 2017;50(3):7
17. Van Strien T. Causes of Emotional Eating and Matched Treatment of Obesity. Current Diabetes Reports. 2018;18(6):35-38.
18. Organización Mundial de la Salud (OMS). Childhood overweight and obesity. WHO. 2017
19. Torres F, Rojas A, Torres F, Rojas A. Obesidad y salud pública en México: transformación del patrón hegemónico de oferta-demanda de alimentos. Probl Desarro. 2018;49(193):145–69.
20. Rodrigo-Cano, S. Soriano del Castillo, J. Merino-Torres F. Artículo Original Causas y tratamiento de la obesidad. Nutr clín diet hosp. 2017;37(4):82–92.
21. Julia A, Milian G, David E, García C. La obesidad como factor de riesgo, sus determinantes y tratamiento Obesity as a risk factor, its determinants and treatment. Revista Cubana de Medicina General Integral. 2016;32(3):1-13.
22. Martínez, J. Redondo T. Diet quality index as a predictor of treatment efficacy in overweight and obese. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2019;23(1):90–1.
23. McPherson PAC, McEneny J. The biochemistry of ketogenesis and its role in weight management, neurological disease and oxidative stress. Journal of Physiology and Biochemistry 2011:68(1):141–51.
24. Castellana M, Conte E, Cignarelli A, Perrini S, Giustina A, Giovanella L, et al. Efficacy and safety of very low calorie ketogenic diet (VLCKD) in patients with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders 2019;21(1):5–16.

25. Narayanaswami V, Dwoskin LP. Obesity: Current and potential pharmacotherapeutics and targets. Pharmacol Ther. 2017;170:116–47.
26. Wiciński M, Socha M, Malinowski B, Wódkiewicz E, Walczak M, Górski K, et al. Liraglutide and its Neuroprotective Properties—Focus on Possible Biochemical Mechanisms in Alzheimer's Disease and Cerebral Ischemic Events. International Journal of Molecular Sciences 2019;20(5):1050.
27. Ferreira A. Tratamiento farmacológico de la obesidad. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2018;56(4):395–409.
28. Ruban A, Stoenchev K, Ashrafian H, Teare J. Current treatments for obesity. Clinical Medicine. 2019;19(3):205.
29. Casanello P, Krause B, Castro-Rodríguez J, Uauy R. Epigenética y obesidad. Revista Chilena de Pediatria. 2016;87(5):335–42.
30. Cruz-Licea V, Morales-García M. El contenido en los mensajes de prevención de la obesidad que no previene la salud. Acta Universitaria. 2019;29:1–9.
31. Wang P, Xie L, Joseph E, Li J, Su X, Zhou H. Metal-Organic Frameworks for Food Safety. Chemical Reviews. American Chemical Society. 2019;19:10638–90.
32. Martínez, C. Valderrama, C. Cano, I. Rivera JC, L. Flores comestibles. Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria. 2019;17(2):26–44.
33. Lara-Cortés E, Martín-Belloso O, Osorio-Díaz P, Barrera-Necha L, Sánchez-López J, Bautista-Baños S. Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. Revista Chapingo, Serie Horticultura. 2014;20(1):101–16.
34. Víctor Hugo CS, Guadalupe MB, Humberto SA, José Francisco DS. Comportamiento germinativo de semillas de *Yucca filifera* Chabaud con diferentes periodos de almacenamiento. Cact Suc Mex. 2013;59(3):82-88.
35. Pacheco-Pantoja SE, Cruz-Castillo IY, Castro-Palafox J, Ramos-Vargas MA, Mulík S, Hernández-Carrión M, et al. Consumo de flores comestibles mexicanas en el estado de Guanajuato: un estudio preliminar. Verano de la ciencia. 2020;10:1–5.
36. Stefaniak A, Grzeszczuk M. Nutritional and biological value of five edible flower species. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2019;47(1):128–34.
37. Fernandes L, Ramalhosa E, Pereira J, Saraiva J, Casal S. The Unexplored Potential of Edible Flowers Lipids. Agriculture. 2018;8(10):146.
38. Fernandes L, Casal S, Pereira J, Saraiva J, Ramalhosa E. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;60:38–50.

39. Grzeszczuk, M. Stefaniak, A. Pachlowska A. Biological value of various edible flower species. Acta Sci Pol Hortorum Cultus. 2016;15(2):109–19.
40. González-Barrio R, Periago M, Luna-Recio C, Garcia-Alonso F, Navarro-González I. Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. Food Chemistry. 2018;252:373–80.
41. Mapes C, Basurto F. Biodiversity and Edible Plants of Mexico. In: Biodiversity and Edible Plants of Mexico. Evironmental Science and technology. 2016;13:83–131.
42. Matyjaszczyk E, Śmiechowska M. Edible flowers. Benefits and risks pertaining to their consumption. Trends in Food Science and Technology. 2019;91:670–4.
43. Pires TCSP, Barros L, Santos-Buelga C, Ferreira ICFR. Edible flowers: Emerging components in the diet. Trends in Food Science and Technology. 2019;93:244–58.
44. Angiolillo L, del Nobile M, Conte A. The extraction of bioactive compounds from food residues using microwaves. Current Opinion in Food Science. 2015;1(5):93–8.
45. Takahashi J, Rezende, F. Gonçalves M, Dominguete L, Sande D. Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. Food Research International. 2020;129:108868.
46. Lakshmeesh N. Antioxidant and Anticancer Activity of Edible Flowers. Journal of Drug Delivery & Therapeutics. 2019;9:290–5.
47. Meurer M, Mees M, Mariano L, Boeing T, Somensi L, Mariott M, et al. Hydroalcoholic extract of *Tagetes erecta* L. flowers, rich in the carotenoid lutein, attenuates inflammatory cytokine secretion and improves the oxidative stress in an animal model of ulcerative colitis. Nutrition Research. 2019;66:95–106.
48. Nowicka P, Wojdyło A. Anti-Hyperglycemic and Anticholinergic Effects of Natural Antioxidant Contents in Edible Flowers. Antioxidants. 2019;8(8):308.
49. Tran H, Truong H, Nguyen, T. Linh, V. Hoang, N. My-Nuong L. Growth-Inhibiting, Bactericidal, Antibiofilm, and Urease Inhibitory Activities of *Hibiscus* rosa sinensis L. Flower Constituents toward Antibiotic Sensitive- and Resistant-Strains of Helicobacter pylori. ACS Omega. 2020;5(32):20080–9.
50. Arellano-Lino, K. Herrera-Rodrígueza, J. Quispe-Solano, M. Espinoza-Silva, C. Veliz-Sedano, N. Orihuela-Vásquez W. Evaluación de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de tres colores de pétalos de mastuerzo (Tropaeolum majus L.). Revista de la Sociedad Química del Perú. 2015;81(4):319–27.

51. Csepregi K, Hideg É. Phenolic Compound Diversity Explored in the Context of Photo-Oxidative Stress Protection. Phytochemical Analysis. 2018;29(2):129–36.
52. Benvenuti S, Bortolotti E, Maggini R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. Scientia Horticulturae. 2016;199:170–7.
53. Santiag-Saenz Y, López-Palestina C, Gutierrez-Tlahque J, Monroy-Torres R, Pinedo-Espinoza J, Hernández-Fuentes A. Nutritional and functional evaluation of three powder mixtures based on mexican quelites: alternative ingredients to formulate food supplements. Food Science and Technology. 2020;40(4):1029-1037.
54. Kaisoon O, Siriamornpun S, Weerapreeyakul N, Meeso N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. Journal of Functional Foods. 2011;3(2):88–99.
55. Kaspchak E, Bonassoli, A. Gonçalves, P. Kanczewski C, Igarashi-Mafra L, Mafra M. Interactions of antinutrients mixtures with bovine serum albumin and its influence on *in vitro* protein digestibility. Journal of Molecular Liquids. 2020;315:113699.
56. Jaramillo-Carmona S, Rodriguez-Arcos R, Jiménez-Araujo A, López S, Gil J, Moreno R, et al. Saponin Profile of Wild Asparagus Species. Journal of Food Science. 2017;82(3):638–46.
57. Sparg SG, Light ME, van Staden J. Biological activities and distribution of plant saponins. Journal of Ethnopharmacology. 2004;94(2–3):219–43.
58. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benítez R. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas. 2016;45(3):438–69.
59. Navarro del Hierro J, Herrera T, Fornari T, Reglero G, Martin D. The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities. Journal of Functional Foods. 2018;40:484–97.
60. VanderJagt TJ, Ghattas R, VanderJagt DJ, Crossey M, Glew RH. Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. Life Sciences. 2002;70(9):1035–40.
61. López YL, Guzmán VG, Linares YL, Robinson RS. La medicina tradicional herbolaria en los sistemas de salud convencionales. Humanidades Médicas. 2018;19(1)201-218.
62. Souza C, Bott R, Oliveira W, Stefova M, Stafilov T, Kulevanova S, et al. Identification and separation of quercetin from ethanol extract of *Carmona retusa* by thin layer chromatography and high performance liquid chromatography with diode array detection Ch. Journal of Chromatography A. 2007;8(1):131–40.

63. Mesquita-Zimmermann, A. Ramos-Kirsten V. Alimentos com função antioxidante em doenças crônicas: uma abordagem clínica. Revista eletronica. 2008;9(1):58–61.
64. Sanchez-trinidad L. Las flores en la cocina veracruzana. Primera edición en Cocina Indígena y Popular. Secretaría de cultura. 2017;17–20.
65. Chitrakar B, Zhang M, Bhandari B. Edible flowers with the common name "marigold": Their therapeutic values and processing. Vol. 89, Trends in Food Science and Technology. Elsevier Ltd; 2019. p. 76–87.
66. Steven Albán M, Echavarría AP, Domínguez LD. Composición nutricional y propiedades funcionales de flores comestibles nutritional composition and functional properties of edible flowers. 2018;30:498–507.
67. Popova A, Mihaylova D. Antinutrients in Plant-based Foods: A Review. The Open Biotechnology Journal. 2019;13(1):68–76.
68. Karpova I. Specific interactions between lectins and red blood cells of chornobyl cleanup workers as indicator of some late radiation effects. Experimental Oncology. 2016;38(4):261–6.
69. De Veer S, Li C, Swedberg J, Schroeder C, Craik D. Engineering potent mesotrypsin inhibitors based on the plant-derived cyclic peptide, sunflower trypsin inhibitor-1. European Journal of Medicinal Chemistry. 2018;155:695–704.
70. Cristina Oliveira de Lima V, Piuvezam G, Leal Lima Maciel B, Heloneida de Araújo Morais A. Trypsin inhibitors: promising candidate satietogenic proteins as complementary treatment for obesity and metabolic disorders?. 2019;34(1):405–19.
71. Ikewuchi C. Hypocholesterolemic effect of an aqueous extract of the leaves of Sansevieria senegambica baker on plasma lipid profile and atherogenic indices of rats fed egg yolk supplemented diet. EXCLI Journal. 2012;11:318–27.
72. El B, Hussein S, Alm-Eldeen A, Hafez A, Mohamed T. Diabetes Management Saponins and their potential role in diabetes mellitus. 2017;7(1):148-158
73. De Mejía EG, Guzmán-Maldonado SH, Acosta-Gallegos JA, Reynoso-Camacho R, Ramírez-Rodríguez E, Pons-Hernández JL, et al. Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of Mexico. J Agric Food Chem. 2003;51(20):5962–6.
74. Hafeedza A, Nazamid S, Faridah A, Amin I, Mumtaz, Muhammad W, Azizah A. Anti-obesity and antioxidant activities of selected medicinal plants and phytochemical profiling of bioactive compounds. International Journal of Food Properties. 2017;20(11):2616–29.

75. Serrano D, López López E;, Sainz M;, del Rosario T. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 2006;37(4):58–68.
76. Liu TT, Liu XT, Chen QX, Shi Y. Lipase Inhibitors for Obesity: A Review. Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie. 2020;128;134-136.
77. Yao Y, Zhu Y, Gao Y, Shi Z, Hu Y, Ren G. Suppressive effects of saponin-enriched extracts from quinoa on 3T3-L1 adipocyte differentiation. Food and Function. 2015;6(10):3282–90.
78. Blasiak A, Gundlach A, Hess G, Lewandowski M. Interactions of Circadian Rhythmicity, Stress and Orexigenic Neuropeptide Systems: Implications for Food Intake Control. Frontiers in Neuroscience. 2017;11(1):1-5.
79. Kim J, Hahm D, Yang D, Kim J, Lee H, Shim I. Effect of Crude Saponin of Korean Red Ginseng on High-Fat Diet-Induced Obesity in the Rat. Journal of Pharmacological Sciences. 2005;97(1):124–31.
80. Panche A, Diwan A, Chandra S. Flavonoids: An overview. Journal of Nutritional Science. Cambridge University Press; 2016;5(47):1–15.
81. Delzenne N, Olivares M, Neyrinck A, Beaumont M, Kjølbæk L, Larsen T, et al. Nutritional interest of dietary fiber and prebiotics in obesity: Lessons from the MyNewGut consortium. Clinical Nutrition. 2020;39(2):414–24.
82. Yao M, Roberts S. Dietary Energy Density and Weight Regulation. Nutrition Reviews. 2009;59(8):247–58.
83. Chávez, A. Moreno M. Guías alimentarias y de actividad física en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana. Academia Nacional de Medicina. 2018:23-36.
84. Caamaño M del CRJ. Propuesta de un cambio urgente de enfoque hacia la mercadotecnia social para prevenir la obesidad en las familias mexicanas. Salud Pública de México. 2019;61(5):10.23.
85. Barrientos-Gutiérrez, T. Sanchez-Romero, L. Rivera-Dommarco J. Posicionamiento sobre los impuestos a alimentos no básicos densamente energéticos y bebidas azucaradas. Salud Pública de México. 2019;60(5):586-591.
86. Liu TT, Liu XT, Chen QX, Shi Y. Lipase Inhibitors for Obesity: A Review. Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie. 2020;128(3):134-136
87. Arias-Rico J, Macías-León F, Alanís-García E, Cruz-Cansino N del S, Jaramillo-Morales O, Barrera-Gálvez R, et al. Study of Edible Plants: Effects of Boiling on Nutritional, Antioxidant, and Physicochemical Properties. Foods. 2020;9(5):599.

88. Magomya A, Kubmarawa D, Ndahi J, Yebpella G. Determination Of Plant Proteins Via The Kjeldahl Method And Amino Acid Analysis: A Comparative Study. International journal of scientific & technology research. 2014;3(4):68-72.
89. Cunniff P. Official methods of analysis of AOAC International. 1999;20:187-200.
90. Matissek, R. Schnepel F. Análisis de los alimentos: Fundamentos, métodos, aplicaciones. 1998;1:35.
91. María-Muñoz A, Alvarado-Ortiz C, Castañeda B, Lizaraso F, Barnett E, Cárdenas L. Estudio nutricional de *Plukenetia huayllabambana* sp. nov a. Rev Soc Quím Perú. 2013;79(1):47–56.
92. Merk. Total dietary fiber assay kit Product Codes TDF-100A and TDF-C10. 2015
93. González, Guillermina; Noguez ME. Principios de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis por Rayos X caracterisisticos. 2006;97(6):25-36.
94. DOF - Diario Oficial de la Federación. Acid ascorbic. 2022
95. Guan-Lin, C. Song-Gen C. Ying-Qing, X. Fu, C. Ying-Ying, Z. Chun-Xia, L. Yong-Qing G. Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion. J Funct Foods. 2015;17:243–59.
96. Van der Werf R, Marcic C, Khalil A, Sigrist S, Marchioni E. ABTS radical scavenging capacity in green and roasted coffee extracts. LWT - Food Science and Technology. 2014;58(1):77–85.
97. Giron-Martínez C. Determinación semicuantitativa de saponinas en muestras vegetales aprovechando su capacidad hemolítica. Universidad Nacional Autónoma de México. 1992:35-38.
98. Requena MC, González CNA, Barragán LAP, Correia T, Esquivel JCC, Herrera RR. Functional and physico-chemical properties of six desert-sources of dietary fiber. Food Bioscience. 2016;16:26–31.
99. Nordeide MB, Hatloy A, Lied E, Oshaug A. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, in Southern Mali. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 1996;47(6):455–68.
100. Bressani R. Grain quality of common beans. Food Reviews International. 1993;9(2):237–97.
101. Slavin JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. J Am Diet Assoc. 2008;108(10):1716–31.

102. Dolores Rodríguez-Sevilla M, Villanueva-Suárez MJ, Redondo-Cuenca A. Effects of processing conditions on soluble sugars content of carrot, beetroot and turnip. Food Chemistry. 1999 Jul 1;66(1):81–5.
103. Slavin JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. J Am Diet Assoc. 2008;108(10):1716–31.
104. McIntosh M, Miller C. A Diet Containing Food Rich in Soluble and Insoluble Fiber Improves Glycemic Control and Reduces Hyperlipidemia among Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. Nutrition Reviews. 2001;59(2):52–5.
105. EFSA. European food safety authority. Dietary Reference Values for nutrients Summary report. EFSA Supporting Publications. 2017;14(12):35-42.
106. Aranceta J, Pérez-Rodrigo C. Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. British Journal of Nutrition. 2012;107(S2):S8–22.
107. Fernandes L, Casal S, Pereira JA, Saraiva JA, Ramalhosa E. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;60(1):38–50.
108. Khuder A, Sawan MK, Karjou J, Razouk AK. Determination of trace elements in Syrian medicinal plants and their infusions by energy dispersive X-ray fluorescence and total reflection X-ray fluorescence spectrometry. Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy. 2009;64(7):721–5.
109. Traversari S, Pistelli L, del Ministro B, Cacini S, Costamagna G, Ginepro M, et al. Combined effect of silicon and non-thermal plasma treatments on yield, mineral content, and nutraceutical proprieties of edible flowers of Begonia cucullata. Plant Physiology and Biochemistry. 2021;166:1014–21.
110. Rop O, Mlcek J, Jurikova T, Neugebauerova J, Vabkova J. Edible Flowers—A New Promising Source of Mineral Elements in Human Nutrition. Molecules. 2012;17(6):6672–83.
111. Młynarczyk K, Walkowiak-Tomczak D, Staniek H, Kidoń M, Łysiak GP. The Content of Selected Minerals, Bioactive Compounds, and the Antioxidant Properties of the Flowers and Fruit of Selected Cultivars and Wildly Growing Plants of Sambucus nigra L. Molecules 2020;25(4):876.
112. Mariod AA, Ahmed SY, Abdelwahab SI, Cheng SF, Eltom AM, Yagoub SO, et al. Effects of roasting and boiling on the chemical composition, amino acids and oil stability

of safflower seeds. International Journal of Food Science & Technology. 2012;47(8):1737–43.

113. Peñuela JM, Bisch N, García M, Pérez ML. Mineral content in frozen and boiled spinach, 1: Marketable samples. 1997;35(28):103-107.
114. Medina MB, Barragán R, Colman D, Piacenza M, Sebastián M. Cocción de arroz: eficiencia energética, valor nutricional y metales pesados. Bistua. 2021;19(29);115-118.
115. Lin J, Qi M, Peng X, Guo N, Yan X. Effects of cooking methods on the amino acid and mineral contents in the buds of *Aralia elata*. Food. 2018;16(1):1089–94.
116. Golmakani MT, Keramat M, Niakousari M, Khosravi H. Changes in fatty acid profile and oxidation indices of soybean oil supplemented with *Ocimum sanctum* essential oil during accelerated storage. Journal Esscential Oil Research 2018;30(3):214–24.
117. Salinas F, Vardanega R, Espinosa-Álvarez C, Jimenéz D, Muñoz WB, Ruiz-Domínguez MC, et al. Supercritical fluid extraction of chañar (*Geoffroea decorticans*) almond oil: Global yield, kinetics and oil characterization. The Journal of Supercritical Fluids. 2020;161:104824.
118. Wee-Lek Yap J, Lee YY, Tang TK, Chong LC, Kuan CH, Lai OM, et al. Fatty acid profile, minor bioactive constituents and physicochemical properties of insect-based oils: A comprehensive review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021;1:1–16.
119. Damerau A, Ogrodowska D, Banaszczyk P, Dajnowiec F, Tańska M, Linderborg KM. Baltic herring (Clupea harengus membras) oil encapsulation by spray drying using a rice and whey protein blend as a coating material. Journal of Food Engineering. 2022;314:1107-69.
120. Aung WP, Bjertness E, Htet AS, Stigum H, Chongsuvivatwong V, Soe PP, et al. Fatty Acid Profiles of Various Vegetable Oils and the Association between the Use of Palm Oil vs. Peanut Oil and Risk Factors for Non-Communicable Diseases in Yangon Region, Myanmar. Nutrients 2018;10(9):1193.
121. Wijendran V, Hayes KC. Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. 2004;24:597–615.
122. Ravaut G, Légiot A, Bergeron KF, Mounier C. Monounsaturated Fatty Acids in Obesity-Related Inflammation. International Journal of Molecular Sciences. 2020;22(1):330.
123. Hathaway D, Pandav K, Patel M, Riva-Moscoso A, Singh BM, Patel A, et al. Omega 3 Fatty Acids and COVID-19: A Comprehensive Review. Infection & Chemotherapy. 2020;52(4):478.

124. Joshi AU, Liu C, Sathe SK. Functional properties of select seed flours. LWT. 2015 Jan 1;60(1):325–31.
125. Femenia A, Lefebvre AC, Thebaudin JY, Robertson JA, Bourgeois CM. Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. Journal of Food Science. 1997;62(4):635–9.
126. Schneeman BO. Fiber, Inulin and Oligofructose: Similarities and Differences. The Journal of Nutrition. 1999;129(7):1424S-1427S.
127. Navarro-González I, García-Valverde V, García-Alonso J, Periago MJ. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. Food Research International. 2011;44(5):1528–35.
128. Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Matallana-González MC, Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. Advances in Food and Nutrition Research. 2019;90:83–134.
129. Monter-Arciniega A, Hernández-Falcón TA, Cruz-Cansino N del S, Ramírez-Moreno E, Alanís-García E, Arias-Rico J, et al. Functional Properties, Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Purple Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Waste: Comparison with Commercial Fibers. Waste and Biomass Valorization 2018;10(10):2897–906.
130. Ahmed F, Sairam S, Urooj A. *In vitro* hypoglycemic effects of selected dietary fiber sources. Journal of Food Science and Technology. 2011;48(3):285–9.
131. Chau CF, Chen CH, Lin CY. Insoluble fiber-rich fractions derived from Averrhoa carambola: Hypoglycemic effects determined by *in vitro* methods. LWT - Food Science and Technology. 2004;37(3):331–5.
132. Panzella L. Natural Phenolic Compounds for Health, Food and Cosmetic Applications. Antioxidants. 2020;9(5):427.
133. Chen GL, Chen SG, Xie YQ, Chen F, Zhao YY, Luo CX, et al. Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to *in vitro* digestion. Journal of Functional Foods. 2015;17:243–59.
134. Sikora E, Cieślik E, Leszczyńska T, Filipiak-Florkiewicz A, Pisulewski PM. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. Food Chemistry. 2008;107(1):55–9.
135. Ghosh P, Rana SS. Physicochemical, nutritional, bioactive compounds and fatty acid profiling of Pumpkin flower (*Cucurbita maxima*), as a potential functional food. SN Applied Sciences. 2021;3(2):1–14.

136. Brkić Bubola K, Klisović D, Lukić I, Novoselić A. Vegetable species significantly affects the phenolic composition and oxidative stability of extra virgin olive oil used for roasting. LWT. 2020;129:109628.
137. Paiva-Martins F, Santos V, Mangericão H, Gordon MH. Effects of Copper on the Antioxidant Activity of Olive Polyphenols in Bulk Oil and Oil-in-Water Emulsions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006;54(10):3738–43.
138. Silva L, Garcia B, Paiva-Martins F. Oxidative stability of olive oil and its polyphenolic compounds after boiling vegetable process. LWT - Food Science and Technology. 2010;43(9):1336–44.
139. Sengul H, Surek E, Nilufer-Erdil D. Investigating the effects of food matrix and food components on bioaccessibility of pomegranate (*Punica granatum*) phenolics and anthocyanins using an in-vitro gastrointestinal digestion model. Food Research International. 2014;62:1069–79.
140. Cassidy A. Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. Molecular Aspects of Medicine. 2018;61:76–82.
141. Rein MJ, Renouf M, Cruz-Hernandez C, Actis-Goretta L, Thakkar SK, da Silva Pinto M. Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. Br J Clin Pharmacol. 2013;75(3):588–602.
142. Williamson G, Clifford MN. Colonic metabolites of berry polyphenols: the missing link to biological activity? Br J Nutr. 2010;104(3):48-66.
143. Medina-Larqué AS, Desjardins Y, Jacques H. Cranberry, oxidative stress, inflammatory markers, and insulin sensitivity: a focus on intestinal microbiota. Diabetes: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants. 2020;2:245–53.
144. Souza M, Moraes SAS, de Paula DR, Maciel AA, Batista EJO, Silva DGF, et al. Local treatment with ascorbic acid accelerates recovery of post-sutured Achilles tendon in male Wistar rats. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2019;52(9):100.
145. Abdullah M, Jamil RT, Attia FN. Vitamin C (Ascorbic Acid). Encyclopedia of Toxicology: Third Edition. 2021;17:962–3.
146. Berretta M, Quagliariello V, Maurea N, di Francia R, Sharifi S, Facchini G, et al. Multiple Effects of Ascorbic Acid against Chronic Diseases: Updated Evidence from Preclinical and Clinical Studies. Antioxidants. 2020;9(12):1182.
147. Somsub W, Kongkachuichai R, Sungpuag P, Charoensiri R. Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents

in selected Thai vegetables. Journal of Food Composition and Analysis. 2008 Mar 1;21(2):187–97.

148. Andrés Fabián Pighín G, de Ana Lía Rossi R. Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina c pre y post cocción. Revista chilena de nutrición. 2010;37(2):201–7.
149. Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology. 1999 Mar 1;10(3):94–100.
150. Rolf L. The effect of cooking and storage on the ascorbic acid content of potatoes. J Agr Res. 1940;61:381–96.
151. Wawire M, Oey I, Mathooko F, Njoroge C, Shitanda D, Hendrickx M. Thermal Stability of Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in African Cowpea Leaves (*Vigna unguiculata*) of Different Maturities. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011;59(5):1774–83.
152. Ng ZX, Tan WC. Impact of optimised cooking on the antioxidant activity in edible mushrooms. Journal of Food Science and Technology. 2017;54(12):4100–11.
153. Lugo-Zarate L, Cruz-Cansino N del S, Ramírez-Moreno E, Zafra-Rojas QY, Calderón-Ramos ZG, Delgado-Olivares L, et al. Evaluation of physicochemical, microbiological, and antioxidant properties of a drinkable yogurt added with ultrasonicated purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice powder. Journal of Food Processing and Preservation. 2021;45(9):e15720.
154. Munteanu IG, Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. International Journal of Molecular Sciences. 2021;22(7):3380.
155. Muhamad S, Mat ASFZ. Boiling increase antioxidant activity, total phenolic content and total flavonoid content in Plectranthus amboinicus leaves. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2019;6(3):024–30.
156. Fernández-Poyatos MDP, Llorent-Martínez EJ, Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and antioxidant activity of Portulaca oleracea: Influence of the steaming cooking process. Foods. 2021;10(1):94.
157. Wootton-Beard PC, Ryan L. A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. Journal of Functional Foods. 2011;3(4):329–34.
158. Jamali B, Bjørnsdottir I, Nordfang O, Hansen SH. Investigation of racemisation of the enantiomers of glitazone drug compounds at different pH using chiral HPLC and chiral CE. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2008;46(1):82–7.

159. lo Scalzo R. Organic acids influence on DPPH scavenging by ascorbic acid. Food Chemistry. 2008;107(1):40–3.
160. Pérez-Burillo S, Rufián-Henares JÁ, Pastoriza S. Effect of home cooking on the antioxidant capacity of vegetables: Relationship with Maillard reaction indicators. Food Research International. 2019;121:514–23.
161. Ramírez-Anaya JDP, Samaniego-Sánchez C, Castañeda-Saucedo MC, Villalón-Mir M, de La Serrana HLG. Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. Food Chem. 2015;188:430–8.
162. Ovando-Martínez M, Gámez-Meza N, Molina-Domínguez CC, Hayano-Kanashiro C, Medina-Juárez LA. Simulated Gastrointestinal Digestion, Bioaccessibility and Antioxidant Capacity of Polyphenols from Red Chiltepin (*Capsicum annuum* L. Var. glabriusculum) Grown in Northwest Mexico. Plant Foods for Human Nutrition. 2018;73(2):116–21.
163. Desseva I, Stoyanova M, Petkova N, Mihaylova D. Red beetroot juice phytochemicals bioaccessibility: an *in vitro* approach. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2020;70(1):45–53.
164. Pavan VÔ, Sancho RAS, Pastore GM. The effect of *in vitro* digestion on the antioxidant activity of fruit extracts (*Carica papaya, Artocarpus heterophillus* and *Annona marcgravii*). LWT - Food Science and Technology. 2014;59(2):1247–51.
165. Kaisoon O, Siriamornpun S, Weerapreeyakul N, Meeso N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. Journal of Functional Foods. 2011;1(2):88–99.
166. Volden J, Borge GIA, Hansen M, Wicklund T, Bengtsson GB. Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis). LWT - Food Science and Technology. 2009;42(1):63–73.
167. Choi JS, Kim HY, Seo WT, Lee JH, Cho KM. Roasting Enhances Antioxidant Effect of Bitter Melon (*Momordica charantia* L.) Increasing in Flavan-3-ol and Phenolic Acid Contents. Food Sci Biotechnol. 2012;21(1):19–26.
168. Suma S. Investigating the physicochemical properties and *in vitro* bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of rooibos herbal tea beverage. 2017;42(6):682-692.
169. Sharma OP, Kumar N, Singh B, Bhat TK. An improved method for thin layer chromatographic analysis of saponins. Food Chemistry. 2012;132(1):671–4.

170. Sparg SG, Light ME, van Staden J. Biological activities and distribution of plant saponins. Journal of Ethnopharmacology. 2004;94(2–3):219–43.
171. Singh R, Sharma R, Mal G, Varshney R. A comparative analysis of saponin-enriched fraction from *Silene vulgaris* (Moench) *Garcke, Sapindus mukorossi* (Gaertn) and *Chlorophytum borivilianum* (Santapau and Fernandes): an *in vitro* hemolytic and cytotoxicity evaluation. 2020;33(1):193–9.
172. Soltani M, Parivar K, Baharara J, Kerachian MA, Asili J. Hemolytic and cytotoxic properties of saponin purified from *Holothuria leucospilota* sea cucumber. Reports of Biochemistry & Molecular Biology. 2014;3(1):43.
173. Oda K, Matsuda H, Murakami T, Katayama S, Ohgitani T, Yoshikawa M. Relationship between adjuvant activity and amphipathic structure of soyasaponins. Vaccine. 2003;21(17–18):2145–51.
174. Shi J, Xue SJ, Ma Y, Li D, Kakuda Y, Lan Y. Kinetic study of saponins B stability in navy beans under different processing conditions. Journal of Food Engineering. 2009;93(1):59–65.
175. Shi J, Arunasalam K, Yeung D, Kakuda Y, Mittal G, Jiang Y. Saponins from Edible Legumes: Chemistry, Processing, and Health Benefits. 2004;7(1):67–78.
176. Lee BJ, Cho YS. Effects of Drying Temperature on the Saponin and Free Sugar Contents of Platycodon grandiflorum Radix. Korean Journal of Food Science and Technology. 2014;46(6):769–72.
177. Navarro del Hierro J, Herrera T, García-Risco MR, Fornari T, Reglero G, Martin D. Ultrasound-assisted extraction and bioaccessibility of saponins from edible seeds: quinoa, lentil, fenugreek, soybean and lupin. Food Research International. 2018;109:440–7.
178. Del Hierro JN, Reglero G, Martin D. Chemical Characterization and Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Saponin-Rich Extracts and Their Acid-Hydrolysates Obtained from Fenugreek and Quinoa. Foods. 2020;9(9):1159.
179. Gao S, Basu S, Yang Z, Deb A, Hu M. Bioavailability Challenges Associated with Development of Saponins As Therapeutic and Chemopreventive Agents. Current Drug Targets. 2012;13(14):1885–99.
180. Zhao D. Challenges associated with elucidating the mechanisms of the hypocholesterolaemic activity of saponins. Journal of Functional Foods. 2016;23:52–65.

181. Vinarova L, Vinarov Z, Atanasov V, Pantcheva I, Tcholakova S, Denkov N, et al. Lowering of cholesterol bioaccessibility and serum concentrations by saponins: *in vitro* and in vivo studies. Food & Function. 2015;6(2):501–12.

182. Karu N, Reifen R, Kerem Z. Weight Gain Reduction in Mice Fed Panax ginseng Saponin, a Pancreatic Lipase Inhibitor. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2007;55(8):2824–8.

183. Zaynab M, Sharif Y, Abbas S, Afzal MZ, Qasim M, Khalofah A, et al. Saponin toxicity as key player in plant defense against pathogens. Toxicon. 2021;193:21–7.

184. Zhang R, Zhai Q, Yu Y, Li X, Zhang F, Hou Z, et al. Safety assessment of crude saponins from Chenopodium quinoa willd. husks: 90-day oral toxicity and gut microbiota & metabonomics study in rats. Food Chem. 2022;10(1):375.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento Informado.

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias de la Salud
Maestría en Ciencias Biomédicas y de la salud

Proyecto: "Efecto de los métodos de cocción sobre la composición nutrimental, antioxidante y saponinas de flores de palma (*Yucca*)"

He sido invitado a participar en una investigación para conocer la actividad hemolitica de las saponinas provenientes de las flores de palma (*Yucca*), como donador de muestra de sangre. Me han informado que los riesgos a presentar son: presencia de hematomas en la zona de punción y punciones repetidas hasta la obtención de la muestra.

Se me ha dado una explicación clara y mis dudas han sido resueltas.

Acepto voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo derecho a retirarme de la investigación.

Nombre del participante: Maria Fernanda Escamilla Rosales
Dirección: Calle Calandría, Número112, Campo de tiro. Pachuca, Hidalgo.
Teléfono: 7717128712

Firma del Participante _____
Fecha: 6 de Noviembre del 2021

Nombre del Testigo 1: Araceli Monter Arciniega
Parentesco: Ninguno
Dirección: Calle 3ra de Alamos, Número 51, Fraccionamiento Colosio. Pachuca, Hidalgo.
Teléfono : 5566148557

Firma del Testigo 1 _____
Fecha: 6 de Noviembre del 2021

Nombre y Firma de quien solicitó el consentimiento:

_____
L.N. Mariel Guadalupe Valencia Cordova

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias de la Salud
Maestría en Ciencias Biomédicas y de la salud

Proyecto: "Efecto de los métodos de cocción sobre la composición nutrimental, antioxidante y saponinas de flores de palma (*Yucca*)"

He sido invitado a participar en una investigación para conocer la actividad hemolitica de las saponinas provenientes de las flores de palma (*Yucca*), como donador de muestra de sangre. Me han informado que los riesgos a presentar son: presencia de hematomas en la zona de punción y punciones repetidas hasta la obtención de la muestra.

Se me ha dado una explicación clara y mis dudas han sido resueltas.

Acepto voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo derecho a retirarme de la investigación.

Nombre del participante: Mariel Guadalupe Valencia Cordova
Dirección: Calle Primera de Alamos, Número 150, Fraccionamiento Colosio. Pachuca, Hidalgo.
Teléfono: 7712083018

Firma del Participante _____
Fecha: 6 de Noviembre del 2021

Nombre del Testigo 1: Maria Fernanda Escamilla Rosales
Parentesco: Ninguno
Dirección: Calle Calandria, Número 112, Campo de Tiro. Pachuca, Hidalgo.
Teléfono : 7717128712

Firma del Testigo 1 _____
Fecha: 6 de Noviembre del 2021

Nombre y Firma de quien solicitó el consentimiento:

_____
L.N. Mariel Guadalupe Valencia Cordova

Anexo 2. Aprobación por el comité de ética e investigación de la UAEH.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Health Sciences
Comité de ética e investigación
Ethics and research committee

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo a 7 de enero del 2021
Oficio Comiteei.icsa *2021/32*
Asunto: DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA E INVESTIGACIÓN.

Nelly del Socorro Cruz Cansino,
Investigador Principal

Título del Proyecto: "Contenido nutrimental y bioaccesibilidad in vitro de antioxidantes y saponinas de dos especies de flores de palma (Yucca filifera) y su comparación con métodos de cocción"

Le informamos que su proyecto de referencia ha sido evaluado por el Comité y las opiniones acerca de los documentos presentados se encuentran a continuación:

Decisión
Aprobado con modificaciones

Este protocolo tiene vigencia del del 07 de enero del 2021 al 06 de enero del 2022.

En caso de requerir una ampliación, le rogamos tenga en cuenta que deberá enviar al Comité un reporte de progreso de avance de su proyecto al menos 60 días antes de la fecha de término de su vigencia.

Atentamente

Dra. María del Refugio Acuña Gurrola
Presidenta del Comité

Para la validación de este documento, informe el siguiente código en la sección Validador de documentos del sitio web del Comité: **2,wB3upH2*rD[NE**
https://sites.google.com/view/comiteei-icsa/validador-de-documentos

Circuito ex-Hacienda La Concepción s/n Carretera Pachuca-Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. México. C.P. 42160
Teléfono: +52(771) 71 72000 ext.4300
comiteei.icsa@gmail.com

www.uaeh.edu.mx