



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Determinación de compuestos fenólicos y capacidad
antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*)
en estado inmaduro y maduro”

PRESENTA:

DANIELA MONSERRAT VELÁZQUEZ MORA

CON NÚMERO DE CONTROL

19TE0440

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

IIAL-2010-219

DIRECTOR (A) DE TESIS:

DRA. JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, FEBRERO 2024



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Teziutlán, Puebla., el día 10 del mes de enero del año 2024, el (la) que suscribe **Daniela Monserrat Velázquez Mora** alumno (a) de la carrera de **Ingeniería en Industrias Alimentarias** con número de control **19TE0440**, adscrito al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis de licenciatura bajo la dirección de la **Dra. Julieta del Carmen Villalobos Espinosa y Dra. Mayra Nicolás García** ceden los derechos del trabajo titulado **“Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en estado inmaduro y maduro”** al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y a los directores del proyecto para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director (es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones: julieta.ve@teziutlan.tecnm.mx; mayra.ng@teziutlan.tecnm.mx; L19TE0440@teziutlan.tecnm.mx ; si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Daniela Monserrat Velázquez Mora

Nombre y firma del alumno
(a)

Vo. Bo



Dra. Julieta del Carmen Villalobos Espinosa
Director (a) de Tesis



Dra. Mayra Nicolás García
Director (a) de Tesis

PRELIMINARES

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de la Dra. Julieta del Carmen Villalobos Espinosa y la Dra. Mayra Nicolás García, en el laboratorio de Química, Análisis, Microbiología y Procesos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), mi casa de estudios, por brindarme y generarme las herramientas para mi desarrollo profesional y personal.

Dedicatoria

A mi familia, que, a pesar de las dificultades, siempre estuvieron motivándome y apoyándome en todo momento para no rendirme y alcanzar mis sueños y objetivos.

A mi madre, Laura Mora Sánchez, porque para mí es mi mayor ejemplo por seguir, la persona que me ha enseñado que, con empeño, paciencia y esfuerzo, puedo lograr mis mayores anhelos en la vida. Por siempre brindarme y demostrarme su amor y cariño.

A mis amigos, Gina, Claudia, Michelle, Nayeli, Axxel, Guadalupe, Diego y Carlos por estar para mí, dándome ánimos en todo momento y por sus consejos, pero sobre todo por alentarme a seguir adelante. Por ser parte importante en mi vida, los quiero mucho.

A mi asesora, gracias por su paciencia, por brindarme su tiempo, aportarme sus conocimientos y darme las herramientas necesarias para realizar este proyecto.

Resumen

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un fruto tropical perteneciente a la familia de las *Moraceas* y que aporta muchos beneficios a la salud, como la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. El objetivo principal del presente trabajo fue caracterizar las propiedades físicas, químicas y fitoquímicas de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en dos estados de madurez (madura e inmadura) para su aplicación en la industria alimentaria. Se analizaron 2 muestras: 1) Inmadura (PYI) y 2) madura (PYM), para la caracterización de la pulpa se deshidrató y se sometió a molienda para homogeneizar el tamaño de partícula, posteriormente se realizó extracción de compuestos fenólicos por maceración y ultrasonido. A la harina que se obtuvo se analizó mediante: humedad, cenizas, lípidos, ángulo de reposo (AR), densidad aparente (Da), densidad empacada (De), índice de Carr (IC), coeficiente de Hausner (CH) y se evaluaron sus propiedades fitoquímicas. Los resultados mostraron que en PYI el porcentaje de humedad fue de $0.98 \pm 0.34\%$, cenizas $5.47 \pm 0.02\%$, lípidos $14.08 \pm 0.45\%$, AR $19.68 \pm 6.80^\circ$, Da 0.512 ± 0.005 , De 0.68 ± 0.03 , IC 32.89 ± 5.46 y CH 1.32 ± 0.05 , CFT por maceración 93.95 y ultrasonido 7.19 mg EAG/100 y DPPH por maceración 16.18 ultrasonido 24.95 mg ET/100 g, respectivamente. En PYM el porcentaje de humedad es de $15.99 \pm 5.81\%$, cenizas $9.76 \pm 0.23\%$, lípidos $3.09 \pm 1.22\%$, AR $9.51 \pm 4.27^\circ$, Da 0.63 ± 0.01 , De 0.65 ± 0.01 , IC 3.45 ± 1.22 , CH 1.03 ± 0.01 , CFT por maceración 77.28 y ultrasonido 11.41 mg ET/100 g y DPPH por maceración 8.00 y ultrasonido 12.95 mg ET/100 g, respectivamente. Se determinó que existe variabilidad en la composición nutricional y propiedades de flujo en la harina de pulpa de yaca en sus distintos estados de madurez.

Palabras clave: Yaca (*Artocarpus heterophyllus*), pulpa, estado de madurez, análisis fisicoquímico, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

Abstract

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) is a tropical fruit belonging to the Moraceae family and provides many health benefits, such as the prevention of chronic and cardiovascular diseases. The main objective of the present work was to characterize the physical, chemical, and phytochemical properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp at two stages of maturity (ripe and immature) for its application in the food industry. Two samples were analyzed (immature and mature). For the characterization of the pulp, it was dehydrated and subjected to grinding to homogenize the particle size, and then phenolic compounds were extracted by maceration and ultrasound. The flour obtained was analyzed for moisture, ash, lipids, angle of repose, bulk density, packed density, and phytochemical properties. The results indicate that in PYI the percentage of moisture is $0.98 \pm 0.34\%$, ash $5.47 \pm 0.02\%$, lipids $14.08 \pm 0.45\%$, AR $19.68 \pm 6.80^\circ$, Da 0.512 ± 0.005 , De 0.68 ± 0.03 , IC 32.89 ± 5.46 and CH 1.32 ± 0.05 , CFT by maceration 93.95 and ultrasound 7.19 mg EAG/100 and DPPH by maceration 16.18 ultrasound 24.95 mg ET/100 g, respectively. In PYM the percentage of moisture is $15.99 \pm 5.81\%$, ash $9.76 \pm 0.23\%$, lipids $3.09 \pm 1.22\%$, AR $9.51 \pm 4.27^\circ$, Da 0.63 ± 0.01 , De 0.65 ± 0.01 , IC 3.45 ± 1.22 , CH 1.03 ± 0.01 , CFT by maceration 77.28 and ultrasound 11.41 mg ET/100 g and DPPH by maceration 8.00 and ultrasound 12.95 mg ET/100 g, respectively. It was determined that there is variability in the nutritional composition and flow properties of jackfruit pulp flour at different stages of maturity.

Key words: Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), pulp, maturity stage, physicochemical analysis, phenolic compounds, antioxidant capacity.

Introducción

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un árbol tropical que pertenece a la familia de las Moráceas, originario de la India y distribuido en Asia y América. En México, fue introducido en el municipio de San Blas, Nayarit en la década de 1960 como un cultivo alternativo al del plátano y actualmente este fruto se produce principalmente en regiones de clima cálido en el estado de Nayarit, Veracruz y Jalisco (Luna-Esquivel et al., 2013). Todas las partes que componen a este fruto suelen tener diversos usos gracias a todas las características que este ofrece, pues entre ellos, se tiene que, mediante las hojas, semillas, pulpa y cáscara, se pueden obtener productos alimentarios o medicinales debido a su composición nutricional. Este fruto, en general, llega a pesar alrededor de entre 10 y 25 kg y tarda aproximadamente 20 semanas en alcanzar su madurez (Luna-Jiménez, 2018).

La pulpa tiene un agradable sabor dulce y de color amarillo que en su interior contiene una semilla de color marrón. Los bulbos representan alrededor del 30% del peso total, estos mismos son ricos en azúcares, también proporcionan niveles altos de almidón, proteína, lípidos, carotenoides y tiamina (John & Narasimham, 1993).

Los compuestos fenólicos son sustancias que contienen propiedades antioxidantes, se encuentran en diversas especies vegetales y son los responsables de brindar las características organolépticas de las plantas y alimentos. A estos compuestos se les ha relacionado con la prevención enfermedades crónicas y cardiovasculares (Peñarrieta et al., 2014)

La presente investigación pretende ampliar el conocimiento de las aportaciones nutrimentales de la pulpa de yaca para contribuir al aprovechamiento de esta con las propiedades y beneficios que aporta con el fin de darle valor agregado y

promover su consumo dentro de la región nororiental de Puebla. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es que a través de la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa y la respectiva caracterización de las propiedades físico-químicas brinden información de utilidad para diversas aplicaciones en la industria alimentaria.

Índice

PRELIMINARES	3
Agradecimientos	4
Dedicatoria	5
Resumen	6
Introducción	8
Índice de figuras	12
Índice de tablas	14
CAPITULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO	15
1.1. Descripción de la empresa	16
1.1.1. Ubicación geográfica	17
1.1.2. Datos de contacto	17
1.2. Problemas de investigación	18
1.3. Preguntas de investigación	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Justificación	20
1.6. Hipótesis	21
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. Origen	23
2.1.2. Taxonomía	24
2.2. Morfología del fruto	25
2.2.1. Pulpa	26
2.3 Estado de madurez	27
2.4. Composición química	28
2.4.1 Compuestos fenólicos	29
2.4.2 Antioxidantes	30
2.4.2.1. Capacidad antioxidante	30
2.5 Propiedades físicas de harinas	31

2.5.1. Densidad aparente	31
2.5.2. Densidad empacada	31
2.5.3. Ángulo de reposo	31
2.5.4. Índice de compresibilidad o de Carr	32
2.4.5. Coeficiente de Hausner	32
2.6. Usos o aplicaciones	33
CAPITULO III DESARROLLO Y METODOLOGÍA.....	34
3.1. Obtención de materia prima	35
3.2. Preparación de la muestra	36
3.3. Densidad aparente y densidad empacada	38
3.4. Ángulo de reposo	40
3.5. Determinación de humedad	41
3.6. Determinación de cenizas	42
3.7. Determinación de lípidos	43
3.8. Extracción de compuestos fenólicos	44
3.8.1. Identificación de compuestos fenólicos	45
3.8.2. Determinación del contenido fenólico	47
3.8.3. Actividad antioxidante por el método DPPH (1-difenil-2-picril-hidrazilo)	47
3.9 Análisis estadístico	47
CAPITULO IV RESULTADOS.....	48
4.1. Propiedades físicas de la harina	49
4.2. Análisis químicos en pulpa de yaca	49
4.3. Identificación de compuestos fenólicos	50
4.4. Cuantificación de compuestos fenólicos	52
CAPITULO V CONCLUSIONES	53
5.1. Conclusiones del proyecto	54
CAPITULO VI COMPETENCIAS DESARROLLADAS	55
6.1. Competencias desarrolladas y/o aplicadas	56
CAPITULO VII FUENTES DE INFORMACIÓN.....	57
Referencias	58
CAPITULO VIII ANEXOS	65

Índice de figuras

Figura 1. Macro localización del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán	17
Figura 2. Fruto de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	23
Figura 3. Morfología del fruto de yaca: (a) eje o centro del fruto, (b) perianto y (c) semillas	26
Figura 4. Pulpa de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	26
Figura 5. Etapas de la formación de un fruto	27
Figura 6. Diseño experimental	35
Figura 7. Fruto de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>): a) vista externa del fruto inmaduro, b) vista externa del fruto maduro, c) vista interna del fruto inmaduro y d) vista interna del fruto maduro.....	36
Figura 8. Proceso de deshidratación de la pulpa de yaca.....	37
Figura 9. Proceso de obtención de harina: a) pulpa de yaca inmadura, b) pulpa inmadura deshidratada, c) harina de pulpa inmadura, d) pulpa de yaca madura, e) pulpa madura deshidratada y f) harina de pulpa madura.	37
Figura 10. Densidad aparente en harina de pulpa de yaca madura	38
Figura 11. Densidad empacada en harina de pulpa de yaca inmadura	39
Figura 12. Determinación del ángulo de reposo en harina de pulpa de yaca inmadura	41
Figura 13. Determinación de humedad en pulpa de yaca madura e inmadura	42
Figura 14. Determinación de cenizas en pulpa de yaca.....	43
Figura 15. Determinación de lípidos en pulpa de yaca	44
Figura 16. Ensayo álcali: a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.	45
Figura 17. Ensayo con $AlCl_3$: a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.	46

Figura 18. Ensayo con FeCl_3 : a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.46

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Artocarpus heterophyllus</i>	24
Tabla 2. Valor nutricional de yaca (por cada 100 g).....	29
Tabla 3. Calificación de los parámetros de flujo de un material	32
Tabla 4. Parámetros físicos de la harina de pulpa de yaca en diferentes estados de madurez.	49
Tabla 5. Análisis químicos en pulpa de yaca en diferente estado de madurez.....	50
Tabla 6. Identificación de compuestos fenólicos en diferentes estados de madurez	51
Tabla 7. Curva de concentración de ácido gálico (0.1 mg/mL) en celda.....	66
Tabla 8. Curva de calibración tipo Trolox para DPPH	66

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Descripción de la empresa

En 1993, el Gobernador del Estado, Manuel Bartlett Díaz, gestionó ante la Secretaría de Educación Pública, dirigida por Ernesto Zedillo Ponce de León, la creación de una Institución de Educación Superior Tecnológica, acción que se vería concretada el 8 de noviembre de 1994 con la publicación del Decreto del Congreso del Estado que expide la ley que crea “Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán”, como Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

El Instituto asume el compromiso de certificarse a través de la Norma ISO 9001-2008, en abril del año 2006 recibe la certificación por parte de la empresa QMI-SAIGLOBAL, quien la certifica como una Institución de Calidad en su proceso de Enseñanza – Aprendizaje. Certificación del Sistema de Gestión Ambiental bajo la Norma ISO-14001:2004, por QMI – SAIGLOBAL.

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una Institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo.

Las carreras que se ofrecen actualmente en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán son:

1. Ingeniería en Gestión Empresarial.
2. Ingeniería en Industrias Alimentarias.
3. Ingeniería en Sistemas Computacionales.
4. Ingeniería Industrial.

5. Ingeniería Informática.
6. Ingeniería Mecatrónica.
7. Ingeniería en Animación Digital y Efectos Visuales
8. Licenciatura en Turismo
9. Maestría en Sistemas Computacionales
10. Maestría en Ingeniería Industrial

1.1.1. Ubicación geográfica

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán es una institución de educación universitaria superior tecnológica ubicada en la ciudad de Teziutlán, municipio perteneciente al estado de Puebla (Figura 1).



Figura 1. Macro localización del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. (Google Maps, 2023)

1.1.2. Datos de contacto

Nombre de la institución: Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Código Postal.: 73960

Dirección: Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla

Teléfono: +52(231)3114000 / 01 / 02.

1.2. Problemas de investigación

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un fruto tropical que aporta muchos beneficios a la salud, ayuda a reducir el riesgo de enfermedades en la piel, asma, diabetes, cáncer y enfermedades cardiovasculares, brinda propiedades antiinflamatorias e incluso también ayuda a mejorar la digestión, destacando que la pulpa de yaca en general es rica en vitaminas, minerales y antioxidantes (Herrera - Canto, 2015).

En el año 2016, en México se cosecharon alrededor de 18,611 ton, siendo San Blas y Compostela, Nayarit los principales municipios productores a nivel nacional seguido por Martínez de la Torre, Veracruz. Por otro lado, según datos establecidos por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017) en México el 90.3% del cultivo de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es exportado principalmente a países como Estados Unidos, Canadá y Reino Unido.

Sin embargo, esta fruta ha sido poco estudiada en México y es poco conocida en la región nororiental del estado de Puebla, ya que al ser un fruto que se adapta a climas tropicales en regiones donde las temperaturas cálidas (20-35 °C) predominan la mayor parte del año para su producción y cosecha, dificulta su acceso a ella.

Es por lo que se propone realizar la siguiente investigación con la finalidad de que esta información genere mayor conocimiento acerca de la pulpa y sea de utilidad para el aprovechamiento y revalorización de la fruta en general y mediante su determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa se puedan generar más aplicaciones en la industria alimentaria.

1.3. Preguntas de investigación

- ¿Las propiedades físico-químico de la harina de pulpa varían de acuerdo al estado de madurez de la yaca?
- ¿El contenido de compuestos fenólicos se ve influenciado por el estado de madurez del fruto?
- ¿El fruto de yaca presenta propiedades antioxidantes?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en distintos estados de madurez.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades físico-químicas de la harina de pulpa de yaca.
- Evaluar el método de extracción de compuestos fenólicos (maceración y ultrasonido).
- Determinar la capacidad antioxidante de extractos fenólicos de la pulpa de yaca en diferentes estados de madurez.

1.5. Justificación

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un fruto climatérico con una fuente de componentes nutricionales que aportan numerosos beneficios a la salud y que ha sido poco estudiado, actualmente, a pesar de su importancia comercial, en México el manejo poscosecha es aún incipiente, lo que causa que su vida de anaquel a una temperatura ambiente sea corta (entre cinco a diez días), debido al cambio de color y a la pérdida de firmeza en los bulbos de yaca siendo consecuencia del proceso de maduración, lo cual se debe a los cambios que sufren los polisacáridos, como el almidón, pectinas, celulosas y hemicelulosa, debido a acciones enzimáticas a nivel de la pared celular (APAARI, 2012).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (2017) en 2016, México exportó alrededor de 16,798 t de cultivo de yaca, es decir, casi el 90% de la producción nacional se destina para exportación a distintos países, principalmente a Estados Unidos, Canadá y Reino Unido. En territorio nacional, Jalisco, Sinaloa y CDMX, son los principales consumidores de este fruto (SADER, 2018).

La pulpa de yaca ha sido poco estudiada en nuestro país, por lo que en la región nororiental del Estado de Puebla no se conocen las propiedades nutricionales que este fruto presenta. Es por ello que, a través de la caracterización físico-química y determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de pulpa de *Artocarpus heterophyllus* en estado inmaduro y maduro, se permitirá conocer la riqueza nutrimental que presenta y de esta manera darle un valor agregado para su aprovechamiento y aplicaciones en la industria alimentaria.

1.6. Hipótesis

El contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante presentes en la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) varían de acuerdo con sus distintos estados de madurez (inmadura y madura).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Yaca (*Artocarpus heterophyllus*)

La yaca es un alimento poco frecuente en Occidente, procedente de la India (Figura 2). Se trata de una fruta que cuenta con una apariencia muy exótica. Además, presenta un valor nutricional interesante (Piña-Dumoulin, 2010).

El peso de este fruto puede variar en peso, estos pueden ir de 1.6 a 25 Kg. Los árboles de este fruto tardan en crecer 5 años aproximadamente, teniendo una altura de 8 a 25 m y de 3.5 a 6.7 m de diámetro de copa, en cuanto a las inflorescencias, suelen tener alrededor de más de 5000 flores femeninas y masculinas, cada planta puede emitir de 8 a 103 inflorescencias femeninas al año y el proceso de maduración de los frutos tarda de 81 a 137 días (Luna - Esquivel et al., 2013).



Figura 2. Fruto de yaca (*Artocarpus heterophyllus*). (SADER, 2019)

2.1.1. Origen

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es una fruta tropical originaria del sureste de la India, aunque también se distribuye en países como Australia, Isla Mauricio, Kenia, Uganda, Brasil, Jamaica, Las Bahamas, Estados Unidos y México (Crane & Balerdi, 2000).

En México el fruto fue introducido en el municipio de San Blas, Nayarit en la década de 1960 como un cultivo alternativo al del plátano (Luna - Esquivel et al., 2013) y actualmente se cultiva alrededor de 800 ha, cuya producción se destina principalmente a Estados Unidos (6, 838,304 t), Canadá (505,653 t) y Reino Unido (2,529 t) alcanzando una cifra de 16 mil 798 t en 2016 las cuales generaron 7 millones 346 mil dólares (SIAP, 2017).

2.1.2. Taxonomía

La yaca pertenece a la familia *Moraceae* (Tabla 1), el nombre científico de esta especie fue establecido por el botánico Lammarck (APAARI, 2012). Existe una gran variedad de especies, esto depende de las características fenotípicas, organolépticas y el climáticas donde se desarrolle este fruto (Semanate-Sacatoro, 2022), *Artocarpus heterophyllus* principalmente se distribuye en países orientales y de América (Luna-Jiménez, 2018).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Artocarpus heterophyllus*

Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
División	Antophyta
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneas
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	Artocarpus
Especie	<i>Heterophyllus</i>

Fuente: (Luna-Jiménez, 2018)

En México, en el Estado de Nayarit se cultivan algunas variedades, como Agüitada, Romina, Ponciana, Carlita, Clemente, Lisa, Bolonga, Yesi, y R-15 (Luna-Esquivel, 2013). Se pueden distinguir algunas diferencias en el fruto, como tamaño, densidad de protuberancias, firmeza, presencia de látex y calidad de los bulbos (Khan et al., 2010).

2.2. Morfología del fruto

El proceso de desarrollo del fruto de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) se da por polinización, es decir, el polen amarillo cae de las flores masculinas después de la floración, y las flores femeninas son polinizadas por el viento (Simba-Casa, 2014), los ovarios de la inflorescencia se unen, lo que da origen a un fruto grande verde o amarillo, con apariencia de panal y que contiene entre 100 y 500 semillas de color marrón claro (Piña-Dumoulín, 2010).

De acuerdo con Luna-Esquivel et al. (2013) en el fruto se distingue por presentar tres regiones primarias (Figura 3): a) eje o centro del fruto, con presencia de células laticíferas, es decir que no es comestible; b) perianto, mayor porcentaje comestible del fruto y región media fusionada (formando el anillo del sincarpo) y la región externa córnea no comestible de color verde y amarillo al madurar; y c) fruto verdadero (semillas) que se desarrolla desde el carpelo del ovario y está rodeado por el perianto fresco (Piña-Dumoulín, 2010). El fruto de la yaca se caracteriza por tener un alto contenido de agua de 73-87%, en estado maduro (Ramírez-Concepción, 2022).

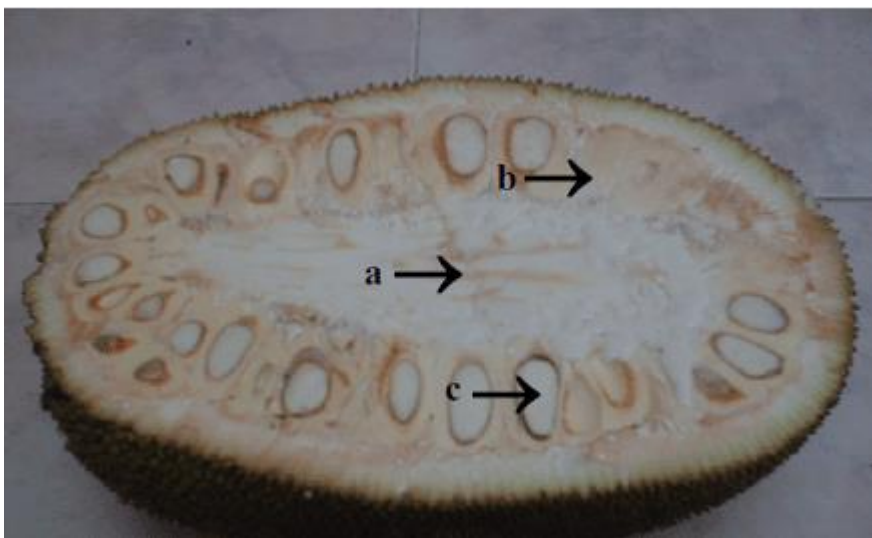


Figura 3. Morfología del fruto de yaca: (a) eje o centro del fruto, (b) perianto y (c) semillas. (Piña-Dumoulin, 2010).

2.2.1. Pulpa

La pulpa (Figura 4) es la parte de la fruta más comercializada y usada tanto en estado maduro como inmaduro, por dentro la fruta es amarilla y fibrosa, su característica exótica es que despidе sabores de frutas tropicales como piña, plátano, mango, naranja, melón y papaya, así que cuando se prueba se perciben sabores distintos. El contenido de carbohidratos en la pulpa madura es entre 15 y 30% de carbohidratos, de los cuales predominan azúcares simples como la glucosa, fructosa, xilosa, ramnosa, arabinosa y galactosa (Ramírez-Concepción, 2022).



Figura 4. Pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*). (SIAP, 2017)

2.3 Estado de madurez

La madurez de un fruto se define como aquel proceso irreversible en el cual ocurren cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos, fisiológicamente se clasifican de acuerdo con su tasa de respiración en climatéricos y no climatéricos, es decir, en presencia o ausencia de un aumento en la respiración y en la síntesis de etileno al comienzo de la madurez de consumo (Martínez-González et al., 2017).

El desarrollo de un fruto suele pasar en tres etapas (Figura 5): crecimiento, desarrollo y maduración, seguidas por el ablandamiento y la senescencia (Alba et al., 2005).

El desarrollo de un fruto inicia después de la polinización y la fertilización a por medio de la división celular, después, el crecimiento ocurre debido al aumento de tamaño de la célula al aparecer las vacuolas (Dos Santos et al., 2015). Esta etapa se caracteriza por el crecimiento y alargamiento del fruto, seguida por una fase de maduración, donde el número de células se mantiene relativamente constante, observándose un aumento en el tamaño de estas (Martínez-González et al., 2017).

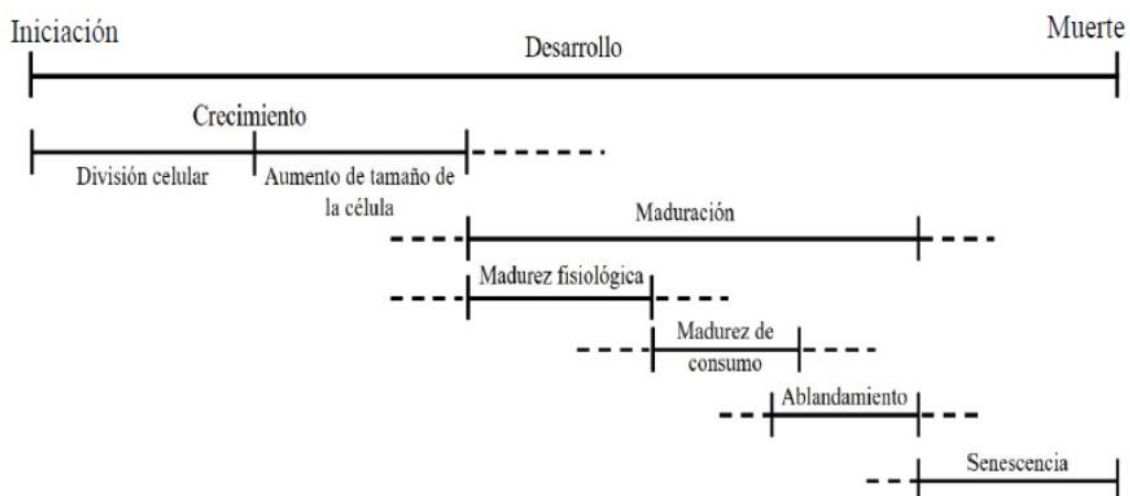


Figura 5. Etapas de la formación de un fruto. (Martínez-González et al., 2017).

La madurez fisiológica ocurre antes del desarrollo del fruto que después de su cosecha puede sobrevivir con sus propios sustratos, es decir que ocurre entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia (Dos Santos et al., 2015). Las actividades bioquímicas y fisiológicas son irreversibles una vez iniciadas, esto involucra el ablandamiento, como cambios en la firmeza y en la velocidad de respiración (Omboki et al., 2015). El etileno es una hormona vegetal que regula la maduración y senescencia de los frutos, esto se debe a que inducen la expresión de genes que codifican para las enzimas que se relacionan con los cambios de los frutos climatéricos (Morelos-Flores, 2020).

La yaca es un fruto climatérico con una vida poscosecha corta, durante la cual se producen cambios importantes en el color, la textura y el sabor (APAARI, 2012).

2.4. Composición química

Se ha informado que la pulpa de yaca posee diversos beneficios y propiedades tales como los compuestos fenólicos que se le relaciona con la prevención de enfermedades crónicas y cardiovasculares (Herrera-Canto, 2015). Moreno-Delgado (2021) mencionó, que contiene abundantes nutrientes, antioxidantes lo que facilita el equilibrio celular ya que contiene suficiente potasio y mejora la digestión por su alto contenido de fibras, además de carbohidratos, proteína, vitaminas A, C, siendo que son absorbidos en el proceso de ingestión (Tabla 2).

Posee tiamina, la cual ayuda a la conversión de carbohidratos a energía para el cuerpo, riboflavina que ayuda a la formación de anticuerpos, así mismo, contiene compuestos fitoquímicos como la artocarpina, artocarpetina, flavononas y pigmentos como la flavona y clorofila, triterpenoides como los taninos (Toledo-Palomera, 2020).

Tabla 2. Valor nutricional de yaca (por cada 100 g)

Nutrientes	Valor nutricional
Energía	95 kcal
Carbohidratos	23.5 g
Proteínas	1.72 g
Grasa total	0.64 g
Fibra	1.5 g
Riboflavina	0.055 mg
Tiamina	0.105 mg
Niacina	0.920 mg
Vitamina C	13.7 mg
Sodio	3 mg
Potasio	303 mg
Calcio	34 mg
Hierro	0.60 mg
Magnesio	37 mg
Caroteno-β	61,0 µg
Cripto-xantina-β	5,0 µg
Luteína-zeaxantina	157,0 µg

Fuente: (APAARI, 2012)

La yaca, también contiene ácidos grasos como son capríco, mirístico, láurico, palmítico, oleico, esteárico, linoleico y ácido araquidónico (López & Cansino, 2015).

2.4.1 Compuestos fenólicos

Los grupos más importantes en los que se dividen los compuestos fenólicos son: flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles, los fenoles comprenden aproximadamente 8000 compuestos en la naturaleza, muchas de estas estructuras se encuentran en varias especies vegetales y se distribuyen a través de sus tejidos y células y de acuerdo con su especie y tipo de compuesto variaran sus compuestos fenólicos ejerciendo una potente acción antioxidante, por ejemplo, las frutas, principalmente, tienen un alto contenido de compuestos fenólicos como lo son los flavonoles (Acuña-Vélez, 2018).

La estructura química de los compuestos fenólicos consiste en al menos un anillo aromático con un grupo variable de grupos hidroxilos, que determinan su capacidad antioxidante (Khoddami et al., 2013).

En la actualidad, en la industria alimentaria existe gran interés por las propiedades de los fenoles para implementarlos como nutraceuticos, debido a que a estas propiedades se les ha relacionado con la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Acuña-Vélez, 2018).

En pulpa de yaca en estado maduro además posee carotenoides, vitamina C, fenoles y flavonoides (Cantillo-Zacarias et al., 2021).

2.4.2 Antioxidantes

Son sustancias químicas que se caracterizan por impedir o retrasar la oxidación de diversas sustancias principalmente de los ácidos grasos cuyas reacciones se producen tanto en los alimentos como en el organismo humano, en el cual puede provocar alteraciones fisiológicas importantes desencadenantes de diversas enfermedades (Acuña-Vélez, 2018).

2.4.2.1. Capacidad antioxidante

Es el mecanismo de acción que poseen las sustancias antioxidantes ante la presencia de radicales libres y tienen la capacidad de impedir la degradación oxidativa (Coronado et al., 2015).

Los radicales libres se definen como cualquier especie química capaz de existir de forma independiente y que presenta uno o más electrones desapareados en su estructura, por lo tanto, son altamente reactivos y estos pueden producir daño oxidativo en macromoléculas biológicas como el DNA, lípidos, carbohidratos y proteínas (Huisa-Samanez & Galarza-Hermitaño, 2021).

Los antioxidantes de origen fenólico son capaces de detener la reacción en cadena de los radicales libres gracias a su capacidad de donar hidrógeno a partir de los grupos hidroxilo fenólicos, formando así el producto final estable (Acuña-Vélez, 2018).

2.5 Propiedades físicas de harinas

Para garantizar que un producto tiene una óptima velocidad de dispersión, es necesario evaluar las propiedades de flujo de este, estas propiedades de flujo van a depender del tamaño y distribución de las partículas, ya que nuestro material no fluirá de la misma manera si las partículas presentan un tamaño y distribución homogénea que si estas no lo son; de las fuerzas cohesivas que existan entre las partículas ya que si son elevadas harán que nuestro fluya menos (Gómez-Arciniegas, 2016).

2.5.1. Densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad de los sólidos divididos, como las sustancias pulverulentas y los gránulos, y se usa mayormente en industrias como la minera, alimentaria y química, por definición, la densidad aparente es la relación entre masa y volumen, pero se corresponde con el peso en el aire (Moreno-Melo, 2016).

2.5.2. Densidad empacada

Es la capacidad que tiene un material en polvo o granulado para compactarse, expresado en porcentaje. Basado en la relación de volumen antes y después de asentamiento (Moreno-Melo, 2016).

2.5.3. Ángulo de reposo

Es definido como el ángulo formado por la horizontal y la superficie lateral del cono. El valor que se obtiene corresponde a la capacidad que tiene un polvo o material

granulado de fluir y está relacionado con fricción interparticular o cohesión entre las partículas (Gómez-Arciniegas, 2016).

2.5.4. Índice de compresibilidad o de Carr

El índice de Carr es un indicador de la compresibilidad de un polvo, el cual da un valor relacionado con la fluidez de un polvo pero que toma en cuenta la densidad aparente y la densidad compactada (Gómez-Arciniegas, 2016). Se ha informado que entre más se compacte un polvo, más pobres serán sus propiedades de flujo (Moreno-Melo, 2016).

2.4.5. Coeficiente de Hausner

Nos permite conocer el volumen ocupado por una masa conocida, es decir, los espacios existentes entre las partículas y la porosidad (Tabla 3). Se determina mediante el cociente de la densidad aparente del lecho de partículas empaquetado y la densidad aparente aireada del lecho de partículas que se consigue vertiendo polvo en un recipiente sin agitación ni vibración (Moreno-Melo, 2016).

Tabla 3. Calificación de los parámetros de flujo de un material

Fluidez	Ángulo de reposo	Índice de Carr	Coeficiente de Hausner
Excelente	≤10	25-30	1,00-1,11
Buena	31-35	11-15	1,12-1,18
Adecuada	36-40	16-20	1,19-1,25
Aceptable	41-45	21-25	1,26-1,34
Pobre	46-55	26-31	1,35-1,45
Muy pobre	56-65	32-37	1,46-1,59
Extremadamente pobre	>66	>38	>1,60

Fuente: (Gómez-Arciniegas, 2016).

2.6. Usos o aplicaciones

Usualmente, la pulpa de yaca se seca y se comen fritas en aceite imitando a las papas fritas, también se ha informado que se realizan fermentados y destilados para producir licores (Herrera-Canto, 2015). La pulpa al madurar es dulce por lo que usa para preparar jaleas, mermeladas, postres o jugos (Semanate-Sacatoro. 2022).

CAPITULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

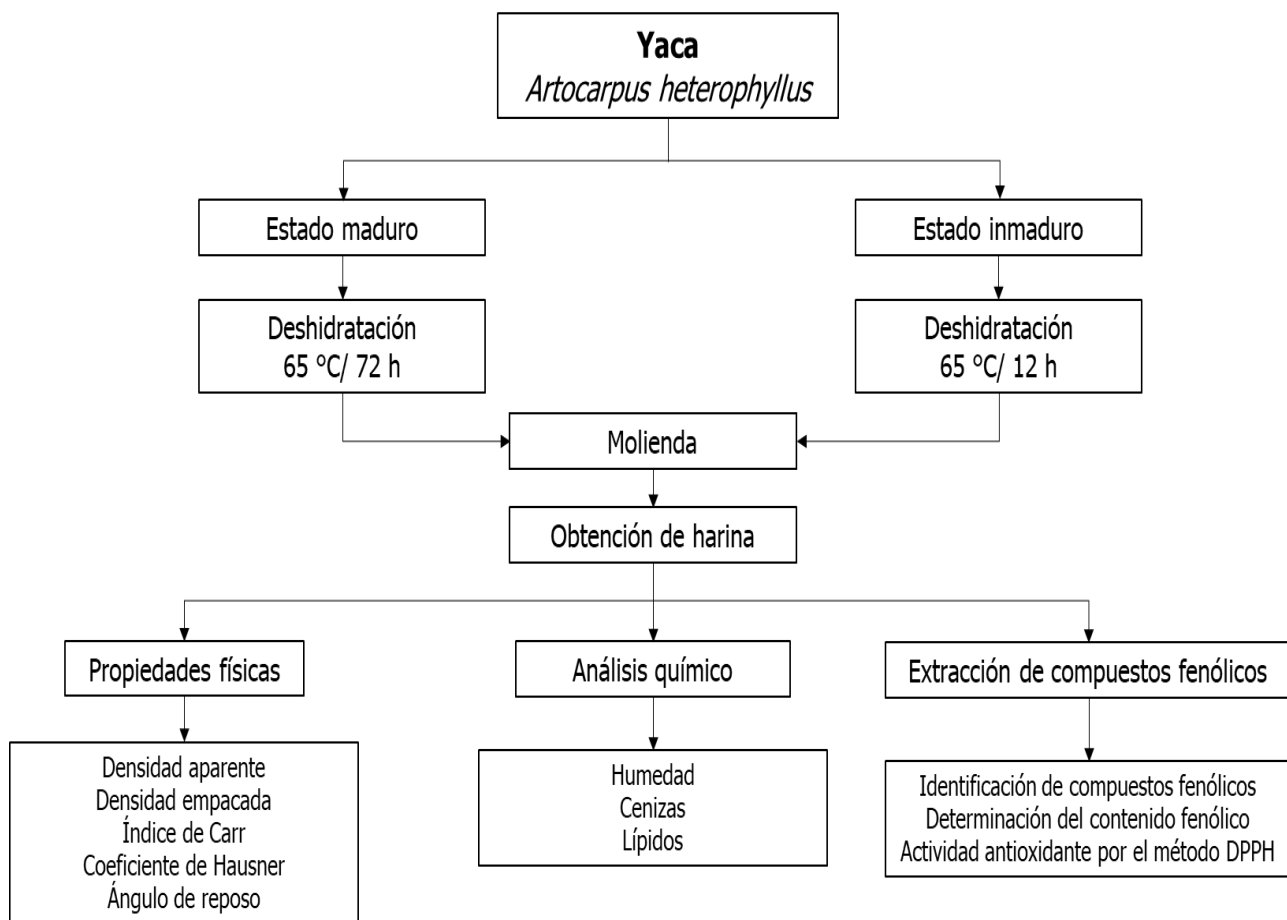


Figura 6. Diseño experimental

3.1. Obtención de materia prima

El fruto de yaca que se utilizó para el desarrollo del presente trabajo se obtuvo de la localidad de el Mezclero, Tlapacoyan y Martínez de la Torre, ambos municipios pertenecientes al Estado de Veracruz. Se trabajó con frutos en distintos estados de madurez: madura (PYM) e inmadura (PYI), Se clasificaron los frutos en inmaduro y maduro de acuerdo con su consistencia y color (Figura 7).

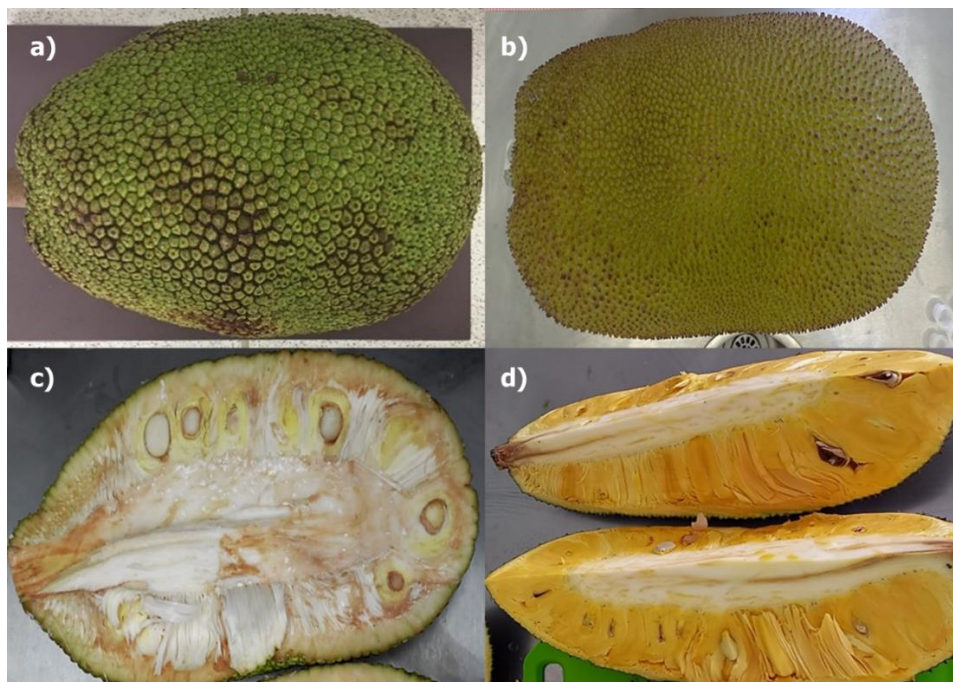


Figura 7. Fruto de yaca (*Artocarpus heterophyllus*): a) vista externa del fruto inmaduro, b) vista externa del fruto maduro, c) vista interna del fruto inmaduro y d) vista interna del fruto maduro.

3.2. Preparación de la muestra

Se extrajo la pulpa de la yaca con las medidas correctas de higiene para evitar una posible contaminación de la muestra. Primero, los bulbos se trituraron en un procesador de alimentos con el objetivo de reducir su tamaño de partícula y facilitar su deshidratación. El proceso de deshidratación (Figura 8) se realizó en un deshidratador de bandejas (Iproods) a una temperatura de 65 °C durante 12 h para pulpa inmadura y para pulpa madura durante 72 h. Posteriormente, la harina se obtuvo en un molino de café eléctrico (Figura 9).



Figura 8. Proceso de deshidratación de la pulpa de yaca



Figura 9. Proceso de obtención de harina: a) pulpa de yaca inmadura, b) pulpa inmadura deshidratada, c) harina de pulpa inmadura, d) pulpa de yaca madura, e) pulpa madura deshidratada y f) harina de pulpa madura.

3.3. Densidad aparente y densidad empacada

En una probeta de 10 mL tarada previamente, se añadió muestra de harina hasta tomar la lectura en un volumen de 10 mL, tomando el peso obtenido como la masa (Figura 10). La densidad aparente (D_a) se calculó mediante la Ecuación 1 (Gómez-Arciniegas, 2016):

$$D_a = \frac{M}{V_o}$$

Ecuación 1

Donde:

M= masa de la muestra (g);

V_o = volumen inicial o volumen aparente



Figura 10. Densidad aparente en harina de pulpa de yaca madura

Para determinar la densidad empacada (D_e) se utilizó la misma muestra empleada en densidad aparente sin retirarla de la probeta. Se impactó manualmente la probeta 100 veces sobre una superficie plana a ritmo constante y se tomó la lectura del volumen compactado (Figura 11). La D_e se calculó mediante la Ecuación 2 (Gómez-Arciniegas, 2016):

$$D_e = \frac{M}{V_f} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

M = masa de muestra (g);

V_f = volumen final o volumen compactado

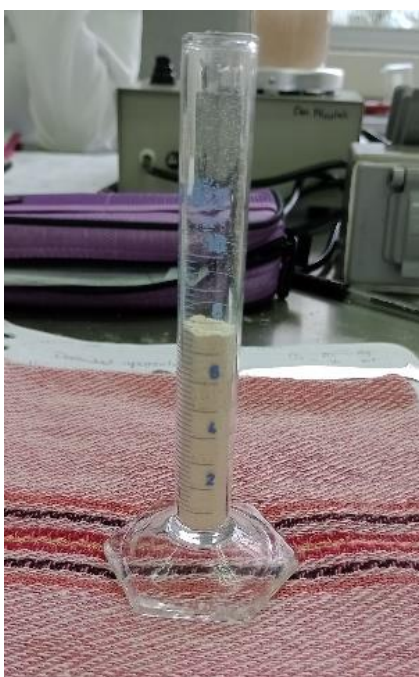


Figura 11. Densidad empacada en harina de pulpa de yaca inmadura

Los valores de densidad aparente y empacada se realizaron por triplicado y se emplearon para determinar el índice de Carr (IC) y el coeficiente de Hausner (CH) como se muestra en las Ecuaciones 3 y 4 (Gómez-Arciniegas, 2016).

Índice de Carr o compresibilidad

Se calculó mediante la siguiente Ecuación:

$$IC = \frac{De - Da}{Da} \times 100 \quad \textbf{Ecuación 3}$$

Donde:

De: densidad empacada, Da: densidad aparente

Coeficiente de Hausner

Se determinó mediante la siguiente Ecuación:

$$CH = \frac{De}{Da} \quad \textbf{Ecuación 4}$$

Donde:

De: densidad empacada, Da: densidad aparente

3.4. Ángulo de reposo

Se determinó el ángulo de reposo (Figura 12) mediante un embudo fijo sobre un soporte universal. Se pesaron 5 g de cada muestra. Se colocó un embudo de plástico a 10 cm de una superficie plana y sobre el mismo se dejó caer la muestra fluidamente hasta que en la superficie plana se formara un cono. Este análisis se realizó por triplicado. El ángulo de reposo se calculó con la Ecuación 5 (Gómez-Arciniega, 2016):

$$\text{Ángulo de reposo } (\theta) = \tan^{-1} \frac{h}{r}$$

Ecuación 5

Donde:

h: altura del cono formado, r: radio del cono.



Figura 12. Determinación del ángulo de reposo en harina de pulpa de yuca inmadura

3.5. Determinación de humedad

Se siguió la metodología 925.10. de la AOAC (1990) con modificaciones. Se realizaron charolas de aluminio que se sometieron a peso constante durante 24 h a una temperatura de 110 °C. Posteriormente, se pesaron y se colocó 1 g de muestra en cada charola tarada en una estufa de secado de laboratorio a 110 °C durante 24 h, al finalizar este periodo, las charolas con muestra se dejaron enfriar en un desecador al vacío y finalmente fueron pesadas (Figura 13). El análisis se realizó por triplicado (n=3). El porcentaje de humedad fue determinado mediante la Ecuación 6:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{M1-M2}{M} \times 100$$

Ecuación 6

Donde:

M1= Peso del crisol más muestra húmeda (peso inicial);

M2= Peso del crisol más muestra seca (peso final);

M= Peso de la muestra



Figura 13. Determinación de humedad en pulpa de yaca madura e inmadura

3.6. Determinación de cenizas

Se siguió la metodología 923.03 de la AOAC (1990) con algunas modificaciones. Para el contenido de cenizas, se sometieron a peso constante crisoles de porcelana a una temperatura de 110 °C durante 24 h. Se pesó el crisol a peso constante y luego se pesó 1 g de cada muestra en el crisol previamente tarado, una vez pesadas las muestras, se procedió a precalcinar la muestra sobre una parrilla de calentamiento y posteriormente se calcinó en una mufla a 550 °C durante 4 h (Figura 12), se dejaron enfriar las muestras en un desecador de vacío, al finalizar el periodo, el crisol con la muestra fue pesado. Cada muestra se realizó por triplicado. El porcentaje de cenizas fue calculado mediante la siguiente Ecuación 7:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

Ecuación 7

Donde:

W1= peso del crisol más la muestra calcinada;

W2= Peso del crisol solo;

W= Peso de la muestra



Figura 14. Determinación de cenizas en pulpa de yaca

3.7. Determinación de lípidos

Esta metodología está basada en la norma NMX-F-089-S-1978. Alimentos-Determinación De Extracto Etéreo (Método Soxhlet) en Alimentos-Método de Prueba, con algunas modificaciones (Aguilar-Romo, 2004). Para la determinación de lípidos se utilizó el método Soxhlet (Figura 13), para lo cual primero se sometieron a peso constante matraces de fondo plano y cartuchos de celulosa durante 24 h. Posterior a ello, se pesó 1 g de muestra en cada cartucho, se utilizó hexano como solvente para la extracción, se recirculó durante 4 h. Posteriormente, se recuperó el hexano con un rotavapor (BÜCHI, r-200) y se pasaron las muestras a un horno de secado durante 30 min, se dejó enfriar y se pesó en una balanza analítica para después calcular los resultados mediante la Ecuación 8:

$$\text{Lípidos (\%)} = \frac{BG-B}{w}$$

Ecuación 8

Donde:

- BG= Peso balón vacío;
- B= Peso balón grasa;
- W= Peso muestra



Figura 15. Determinación de lípidos en pulpa de yuca

3.8. Extracción de compuestos fenólicos

Para determinar el contenido de fenoles en pulpa de yuca, se siguió la metodología de Cheng et al. (2023) con modificaciones, se realizó un extracto fenólico (Etanol al 60%) de las muestras en distintos estados de madurez (madura e inmadura) mediante los métodos de maceración y ultrasonido. Para el proceso de maceración se agregó 1 g de muestra en 30 mL de solución extractora y se maceró durante 1 h en una parrilla de agitación. Posteriormente se centrifugó a 2932 rpm por 15 min. Para la extracción en un baño ultrasonido (Branson, M1800) se agregó 0.5 g de muestra en 15 mL de etanol al 60% por 15 min. a temperatura ambiente y a 40 kHz. Finalmente, se centrifugó a 2932 rpm por 15 min.

3.8.1. Identificación de compuestos fenólicos

Ensayo con álcalis

En un tubo de ensayo se adicionó una alícuota de 1 mL de extracto y se agregaron 5 gotas de NaOH al 5%. Se observó el cambio de coloración, si la coloración se presenta amarilla, indica la presencia de flavonas, flavanoles e isoflavonas, de amarillo a naranja, presencia de flavanonas y flavanol, de naranja a rojo indica la presencia de calconas.

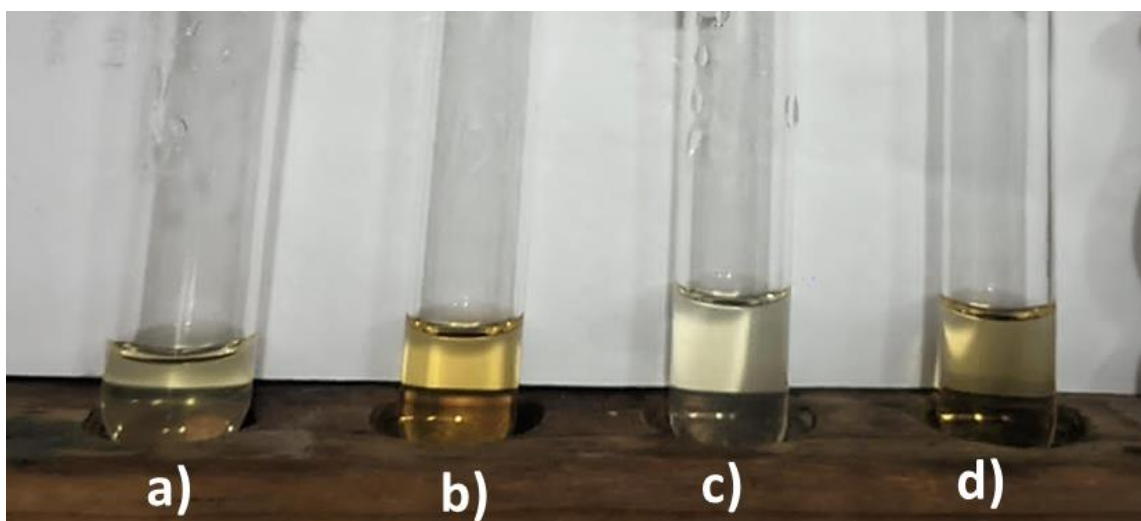


Figura 16. Ensayo álcali: a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.

Identificación de flavonoides

En esta prueba se añadió 0.6 mL de cloruro de aluminio (AlCl_3) al 1% a 1 mL de extracto. Si se observa una coloración amarilla esta indica la presencia de flavonoides.

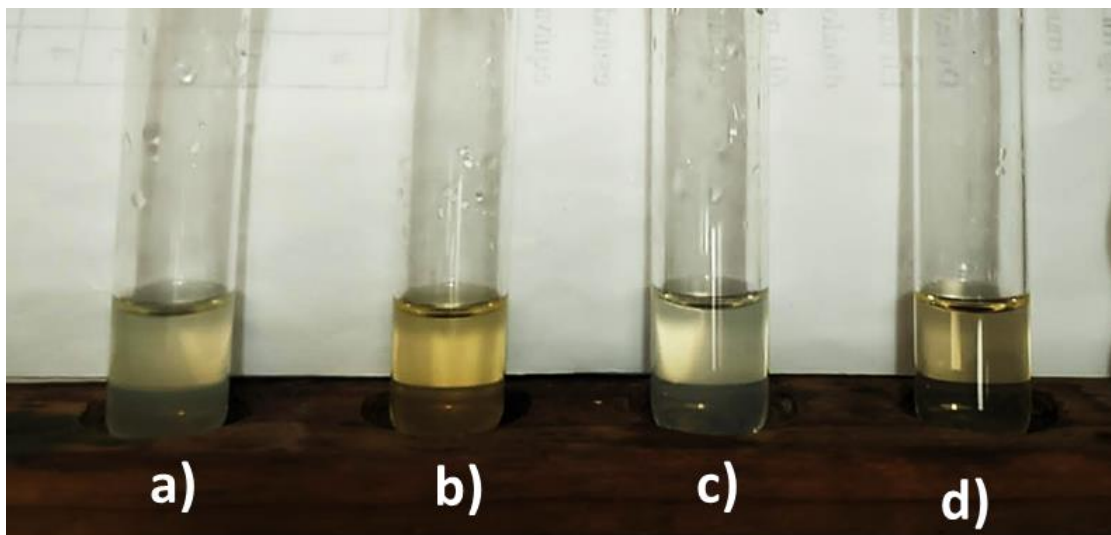


Figura 17. Ensayo con AlCl_3 : a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.

Identificación de taninos

Se añadió 1mL de extracto en un tubo de ensayo al cual se le agregaron 5 gotas de cloruro férrico (FeCl_3) al 0.1% y si se presenta coloración verde o azul-negra indica la presencia de taninos.

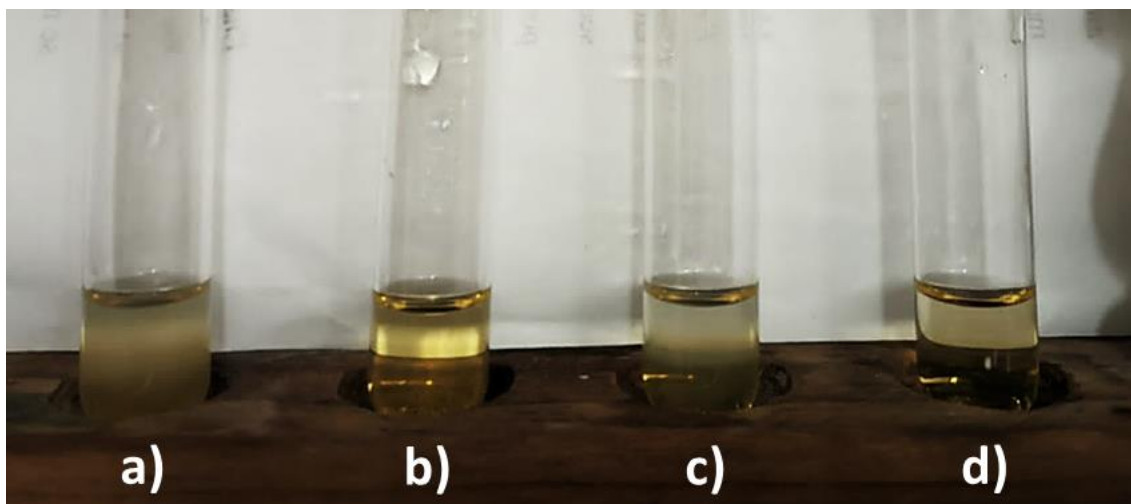


Figura 18. Ensayo con FeCl_3 : a) Pulpa de yaca inmadura por maceración, b) Pulpa de yaca madura por maceración, c) Pulpa de yaca inmadura por ultrasonido y d) Pulpa de yaca madura por ultrasonido.

3.8.2. Determinación del contenido fenólico

El contenido de fenoles totales se cuantificó por el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) con algunas modificaciones. En una celda se añadieron 100 μ L del extracto o solución estándar 500 μ L de solución del reactivo de Folin-Ciocalteu/agua (1:2 v/v). Posteriormente se añadieron y mezclaron 400 μ L de solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 10%. La solución se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 min. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro (VELAB, VE-5100UV) a 765 nm. El contenido de fenoles totales se calculó utilizando una curva estándar de ácido gálico (0.1 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de muestra en peso seco.

3.8.3. Actividad antioxidante por el método DPPH (1-difenil-2-picril-hidrazilo)

La captación del radical libre DPPH se realizó de acuerdo con el método descrito por Udenigwe et al. (2009) con modificaciones. En una celda se añadieron 200 μ L del extracto fenólico y 800 μ L del radical DPPH (100 μ M). La celda se mantuvo protegida de la luz a temperatura ambiente durante 30 min, se leyó a 515 nm. Se realizó una curva tipo de Trolox (0.0-0.01 mg/mL), los resultados se expresaron como mg equivalentes a trolox (ET)/g de muestra en peso seco.

3.9 Análisis estadístico

Para esta investigación los datos obtenidos se reportan como el promedio $\pm$ desviación estándar (n=3), se realizó un análisis de varianza ANOVA mediante la prueba Tukey con diferencia significativa ($p < 0.05$) para ello se utilizó el software KaleidaGraph.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas de la harina

Se presentan los resultados obtenidos de densidad aparente y empacada (Tabla 4), de acuerdo con la calificación de los parámetros de flujo de un material (Tabla 3) la harina de PYI presenta una fluidez aceptable a muy pobre respecto a IC y CH, sin embargo, su AR calificó con buena fluidez, por otra parte, PYM presentó un flujo excelente. Autores como según Gómez-Arciniegas (2016) menciona que, el ángulo de reposo es útil para aquellas materias prima que no son cohesivas, ya que al caer por un embudo debe formar un cono, de otra forma, si no se forma un cono definido, indica que el material es muy cohesivo. Otros autores como Mauzu et al. (2011), sostienen que entre mayor sea la densidad aparente, esta presentará menores propiedades de flujo.

Tabla 4. Parámetros físicos de la harina de pulpa de yaca en diferentes estados de madurez.

Estado de madurez	Da	De	IC	CH	AR (°)
PYI	0.51 ± 0.00 ^a	0.68 ± 0.03 ^a	32.89 ± 5.46 ^a	1.32 ± 0.05 ^a	19.68 ± 6.80 ^a
PYM	0.41 ± 0.00 ^b	0.53 ± 0.01 ^a	3.42 ± 1.22 ^b	1.03 ± 0.01 ^a	9.51 ± 4.27 ^a

Se reporta el promedio ± desviación estándar (n=3). Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencia significativa (p<0.05). PYI: Pulpa de yaca inmadura; PYM: Pulpa de yaca madura; Da: Densidad aparente; De: Densidad empacada; IC: Índice de Carr; CH: Cociente de Hausner; AR: Ángulo de reposo

4.2. Análisis químicos en pulpa de yaca

En la Tabla 5, se presentan los resultados de los análisis químicos de las muestras de la pulpa de yaca en estado inmaduro y maduro, el porcentaje de humedad en PYI fue menor que el que se obtuvo en PYM, valor cercano a lo reportado por Semanate-Sacatoro et al. (2022) con un porcentaje de humedad de 7.99%.

Por otro lado, Cabrera-Duran & Castillo Martínez (2017) en su estudio en pulpa de *Artocarpus altilis* informan que el contenido de cenizas que obtuvieron fue de 3.09%,

valor cercano al presentado en este trabajo. El porcentaje de lípidos obtenido muestra una diferencia significativa a lo reportado por Chávez-Santiago et al. (2020) 0.23 %, esto debido a que el contenido de lípidos en un fruto maduro disminuye debido a la degradación de lípidos y ácidos nucleicos que se da durante la senescencia (Piña-Dumoulin, 2010).

Tabla 5. Análisis químicos en pulpa de yaca en diferente estado de madurez

Estado de madurez	Humedad	Lípidos	Cenizas
PYI	0.98 ± 0.34 ^a	14.08 ± 0.45 ^a	5.47 ± 0.02 ^a
PYM	15.99 ± 5.81 ^b	3.09 ± 1.22 ^b	9.76 ± 0.23 ^b

Se reporta el promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (p<0.05). PYI: Pulpa de yaca inmadura; PYM: Pulpa de yaca madura.

Estas diferencias en los parámetros se pueden ver afectados por factores externos como el tiempo, temperatura, estado de madurez y tratamientos aplicados (Samanate-Sacatoro, 2022).

4.3. Identificación de compuestos fenólicos

Mediante un análisis cualitativo se realizó la identificación de flavonoides de la pulpa de yaca en dos estados de madurez: madura e inmadura, en los cuales se observaron los cambios de color en el extracto etanólico a través de ensayo álcali y ensayo con AlCl₃ por dos métodos de extracción (maceración y ultrasonido).

En la Tabla 6 se muestra que los resultados obtenidos en PYI presentó una coloración amarilla claro tanto con AlCl₃ como para NaOH por los dos métodos de extracción (maceración y ultrasonido) lo cual que indica la presencia de flavonoides, por otro lado, en PYM la coloración se mostró más intensa en maceración con el método álcali con NaOH. Se ha demostrado que, los flavonoides son los fenólicos

más comunes y se encuentran ampliamente distribuidos en tejidos vegetales y, a menudo, son los responsables junto con los carotenoides y las clorofilas de brindar colores azul, morado, amarillo, naranja y rojo (Khoddami et al., 2013), además en la especie *Artocarpus heterophyllus* los flavonoides son los más abundantes (Meriño-Serrano, 2019).

También se observó presencia de taninos en menor cantidad tanto para PYI y PYM, ya que apenas se distinguía en los extractos una coloración verde. Los taninos son solubles en agua y alcohol y son responsables de la astringencia en frutos climatéricos en estado inmaduro, se acumulan principalmente en raíces, cortezas, frutos, hojas y semillas, son reactivos con agentes hidrolíticos (Badui-Dergal, 2006).

De acuerdo con lo anterior, autores como Arteaga-Cevallo & Lucas-Ormaza (2023) informan que los compuestos fenólicos intervienen en procesos como el crecimiento, la maduración y la fermentación de las frutas y de igual forma, son los encargados de realizar múltiples funciones biológicas y fisiológicas.

Tabla 6. Identificación de compuestos fenólicos en diferentes estados de madurez

Estado de madurez	Flavonoides				³ Taninos	
	¹ AlCl ₃		² Álcali			
	Maceración	Ultrasonido	Maceración	Ultrasonido	Maceración	Ultrasonido
PYI	+	+	+ ^a	+ ^a	++	++
PYM	++	++	+++ ^a	+++ ^a	+	+

PYI: Pulpa de yaca inmadura; PYM: Pulpa de yaca madura.

¹Flavonoides totales (coloración amarilla): Bajo (+), medio (++), alto (+++).

²Flavonoides: a) Amarillo (Flavonas, flavanoles e isoflavonas), b) amarillo a naranja (Flavanonas y flavanol) y c) naranja a rojo (Calconas).

³Coloración verde o azul-negra: Bajo (+), medio (++), alto (+++).

4.4. Cuantificación de compuestos fenólicos

La concentración de compuestos fenólicos (Tabla 7) de PYI fue de 93.95 mg EAG/100 g y 50.09 mg EAG/100 g en PYM por maceración, respectivamente, mientras que en baño ultrasonido se obtuvo 7.19 mg EAG/100 g para PYI y 11.41 mg EAG/100 g para PYM. Cantillo-Zacarías et al. (2021) en su estudio evidencian una concentración de CFT de 58.44 mg EAG/100 g de peso fresco realizado por ultrasonido con extracto metanólico al 80%.

Por otra parte, el resultado de la capacidad antioxidante en PYI por ultrasonido está por encima del método por maceración. Kamdem-Bemmo et al. (2023), en un estudio realizado en la ciudad de Bertoua, Camerún, reportan capacidad antioxidante (5.075–36.506 mg/mL) de la pulpa de yaca madura en extracto etanólico, sin especificar el método de extracción en ensayo con DPPH.

La reducción en el contenido de polifenoles puede estar asociada a los cambios internos de la fruta durante el proceso de maduración que promueven el polifenol oxidasa (Huisa-Samanez & Galarza-Hermitaño, 2021).

Tabla 7. Cuantificación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en diferentes estados de madurez

Estado de madurez	Métodos de Extracción			
	Maceración	Ultrasonido	Maceración	Ultrasonido
	Fenoles totales (mg EAG/100 g)		DPPH (mg ET/100 g)	
PYI	93.95 ± 0.001 ^a	7.19 ± 0.03 ^a	16.18 ± 0.0002 ^a	24.95 ± 0.09 ^a
PYM	77.28 ± 0.15 ^b	11.41 ± 0.26 ^b	8.00 ± 0.43 ^b	12.95 ± 1.30 ^b

Se reporta el promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (p<0.05). PYI: Pulpa de yaca inmadura; PYM: Pulpa de yaca madura.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones del proyecto

El presente trabajo demuestra que, de manera general, de acuerdo con la literatura citada, en México la pulpa de yaca no ha sido explotada en su totalidad como objeto de estudio a pesar de las propiedades benéficas que presenta y es por ello por lo que este fruto se desconoce en algunos estados de la república.

Por otra parte, las características físico-químicas y fitoquímicas obtenidas de la pulpa de yaca varían de acuerdo al estado de madurez en el que se encuentre y a los tratamientos aplicados. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que la pulpa presenta buenas características para darle un valor agregado en la industria alimentaria.

CAPITULO VI

COMPETENCIAS

DESARROLLADAS

6.1. Competencias desarrolladas y/o aplicadas

Durante el tiempo que realicé mi residencia profesional apliqué los conocimientos adquiridos durante mi formación académica, demostré mi capacidad de análisis, uso de software y trabajo en equipo para poder llevar a cabo este proyecto.

CAPITULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias

- Acuña-Vélez, L.L. (2018). *Efecto de compuestos fenólicos de cáscara y pulpa de mango (Mangífera indica L.) en la conservación de filetes de pescado albacora, Manta 2018*. Universidad Laica "Eloy Alfaro". <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1660/1/ULEAM-AGROIN-0028.pdf>
- Aguilar-Romo, M. (2004). *Norma Mexicana NMX-F-089-S-1978. ALIMENTOS- Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos-método de prueba*. DOF. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678206&fecha=21/05/2004#gsc.tab=0
- Alba, R., Payton, P., Fei, Z., McQuinn, R., Debbie, P., Martin, G. B. & Giovannoni, J. J. (2005). Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. *The Plant Cell*. 17 (11), 2954-2965.
- Anaya-Esparza, L., González-Aguilar, G., Domínguez-Ávila, A., Olmos-Cornejo, J., Pérez-Larios, A., & Montalvo-González, E. (2018). Effects of Minimal Processing Technologies on Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) Quality Parameters. *Food and Bioprocess Technology* 11(9), 1761-1774. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2136-z>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official methods of analysis*. (15.^a ed.). Association of Official Analytical Chemists, Inc
- Arteaga-Cevallos, J. A., & Lucas-Ormaza, M. del J. (2023). Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Dominio De Las Ciencias*, 9(1), 117–139. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1.3111>

- Badui-Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos* (4.^a ed.). PEARSON EDUCACIÓN.
- Dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de Mello-Farias, P. C., Rombaldi, C. V. & de Oliveira, A. C. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*. 8(2), 78-88.
- Cabrera-Durán, E., & Castillo-Martínez, J.M. (2017). Aprovechamiento de la fruta del árbol de pan (*Artocarpus Altilis*) para la obtención de un derivado alimenticio (harina). *Revista Investigación e Innovación en Ingenierías*, 6(2), 30-46. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/3110/3827>
- Cantillo-Zacarías, J. C., García-Mateos, R., Esparza-Torres, F., Martínez-Damián, T., & Hernández-Ramos, L. (2021). Calidad Nutricional y Antioxidante del Fruto de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Current Topics in Agronomic Science*, 1(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.5154/r.ctas.2021.06.17a>
- Chávez-Santiago, R.O., Perales-Torres, A.L., Alemán-Castillo, S.E. & Santiago-Adame, R. (2020). Composición Química Proximal de Jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 207-210
- Cheng, M., He, J., Li, C., Wu, G., Zhu, K., Chen, X., ... & Tan, L. (2023). Comparison of microwave, ultrasound and ultrasound-microwave assisted solvent extraction methods on phenolic profile and antioxidant activity of extracts from Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) pulp. *LWT*, 173, 114395.
- Coronado H., M., Vega y León, S., Gutiérrez T., R., Vázquez F., M., & Radilla V., C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

- Gómez-Arciniegas, J. (2016). caracterización granulométrica de un producto comercial en polvo (suplemento dietario) y evaluación de la capacidad de dispersión en agua. universidad ICESI.
- García-Zamora, J. (2016). *Valoración de la yaca de comunidades de Michoacán, para obtención de harinas enriquecidas en proyectos de desarrollos sustentables.*
- Herrera-Canto, E. E. (2015). La Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), Una Fruta Muy Singular Y Sus Usos Tradicionales. *Herbario CICY*, 7, 169-171. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-11-05-Herrera-Canto-Una-fruta-muy-singular.La-yaca-y-sus-usos-tradicionales.pdf
- Hossain, M.A., Evan., M.S.S., Moazzem, M.S., Roy, M., & Zzaman, W. (2020). Response Surface Optimization for Antioxidant Extraction from Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Seed and Pulp. *Journal of Scientific Research*, 12(3), 397-409. <http://dx.doi.org/10.3329/jsr.v12i3.44459>
- Huisa Samanez, E.I., & Galarza-Hermitaño, M.Y. (2021). *Evaluación de bioactivos en distintos estados de madurez de yaca (Artocarpus heterophyllus) y caracterización fisicoquímica de la pulpa madura.* <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7029>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2021). *La yaca, fruto alternativo en regiones tropicales.* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/la-yaca-fruto-alternativo-en-regiones-tropicales>
- John, P. J. & Narasimham, P. (1993) *Processing and evaluation of carbonated beverage from jackfruit waste (Artocarpus heterophyllus).* *Journal of Food Processing and Preservation*, 16 (6). 373-380
- Kamdem-Bemmo, U. L., Bindzi, J. M., Tayou Kamseu, P. R., Houketchang Ndomou, S. C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical

- properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 00, 1–13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3437>
- Khan R., Zerega N., Hossain S., & Zuberi M.I. (2010). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Diversity in Bangladesh: Land use and artificial selection. *Economic Botany* 64 (2), 124-136.
- Khoddami, A.; Wilkes, M.; Roberts, T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6270361/>
- Luna-Esquivel, G., Alejo-Santiago, G., Ramírez-Guerrero, L. G., & Arévalo-Galarza, M. D. L. C. (2013). *La yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) Un fruto de exportación.* *AGROProductividad*, 6(5), 65+. <https://link.gale.com/apps/doc/A382430310/IFME?u=anon~ac0e3d48&sid=googleScholar&xid=fc4a8a80>
- Luna-Jiménez, B. N. (2018). *Determinación de las Condiciones de Pretratamientos para el Proceso de Secado de la Pulpa de Yaca o Jaca (Artocarpus heterophyllus)* [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45522/K%2065572%20Luna%20Jim%C3%A9nez%20Brenda%20Nayetxi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez-González, M. E., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortes-Cruz, M. A., Palomino-Hermosillo, Y. A., & López-Gúzman, G. G. (2017). *Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos.* *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe19), 4075-4087. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>

- Mauzu, J., Musa, H., Isah, A.B., Bhatia, P.G., Tom, G.M. (2011). Extraction and characterization of kaffir potato starch: a potential source of pharmaceutical raw material. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, 1(2), 41-49.
- Meriño-Serrano, C.C. (2019). *Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de Jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) obtenidos de solventes de diferente polaridad*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17931/1/UPS-CT008495.pdf>
- Moreno-Delgado, K. A. (2021). *Estudio de las propiedades nutricionales de la pulpa de Jackfruit (Artocarpus heterophyllus lam) y su aplicación en la industria alimentaria*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15515/1/27T00467.pdf>
- Moreno-Melo, A. (2016). *Evaluación de propiedades físicas y de flujo en harina de trigo, maíz y frijol de forma individual y en mezcla*. Universidad Nacional Autónoma de México
- Morelos-Flores, D.A. (2020). ESTUDIO DE LA SIMULACIÓN DE MERCADEO EN YACA (*Artocarpus heterophyllus Lam*) TRATADA CON 1-METILCICLOPROPENO. Instituto Tecnológico de Tepic.
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J.L., & Bravo, J.A. (2014). *Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos*. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), p68-81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Piña-Dumoulín, G., Quiroz, J., Ochoa, A., & Magaña-Lemus, S. (2010). Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales en Venezuela I la yaca. *Agronomía Tropical*, 60(1), 35-42.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2010000300003&lng=es&tlng=es.

Ramírez-Concepción, H.R. (2022). *Aplicación de recubrimientos de quitosano funcionalizado con óxidos mixtos en Yaca mínimamente procesada: Análisis fisicoquímico, nutricional y contenido de compuestos bioactivos*. Instituto Tecnológico de Tepic.
<https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5946/1/TESIS%20MCA-2022-HEIDI%20RUB%C3%8D%20RAM%C3%8DREZ%20CONCEPCI%C3%93N.pdf>

SADER. (2018). Jaca o Jackfruit, sabores deliciosos de Nayarit. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/jaca-o-jackfruit-sabores-deliciosos-de-nayarit?idiom=es#:~:text=Nayarit>

SADER. (2019). Conoce más sobre la Yaca. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/conoce-mas-sobre-la-yaca?idiom=es>

Sandoval, J., & Iturbe, F. (2011). *Análisis de Alimentos Fundamentos y Técnicas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.
https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/14545/mod_resource/content/1/An%C3%A1lisis%20de%20alimentos%20fundamentos%20y%20t%C3%A9cnicas.pdf

SIAP. (2017). Boletín de exportaciones Jackfruit. México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/229919/Boletin_de_exportaciones_jackfruit_2017_06.pdf

SIAP. (2017). *Jackfruit, jaca, yaca... ¿la conoces?*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/siap/articulos/jackfruit-jaca-yaca-la-conoces?idiom=es>

Simba-Casa, M.R. (2014). *CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DEL JACK FRUIT Y PROPUESTAS DE DOS ALTERNATIVAS PARA EL PROCESAMIENTO.*

Universidad

Tecnológica

Equinoccial.

https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5062/1/55526_1.pdf

Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folinciocalteu reagent. *In Methods in Enzymology*, Lester, P (Ed.), 152-178. Academic Press.

Toledo-Palomera, M.J. (2020). ESTUDIO DEL EFECTO DE DOS ABSORBEDORES DE ETILENO SOBRE LA MADURACIÓN DE YACA (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO. Instituto Tecnológico de Tepic. <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5822/1/TESIS-MCA-2020-MARIA%20DE%20JESUS%20TOLEDO.pdf>

Udenigwe, C. C., Lu, Y. L., Han, C. H., Hou, W. C., & Aluko, R. E. (2009). *Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages.* Food Chemistry, 116 (1): 277-284.

Vásquez, F., Fernández, H., & Figueroa, V. (2020). *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales.* Colloquium. Obtenido de <http://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/43/39>.

CAPITULO VIII

ANEXOS

Anexos

Tabla 7. Curva de concentración de ácido gálico (0.1 mg/mL) en celda

#	Concentración de ácido gálico (mg/mL)	Ác. Gálico (µL)	Agua destilada (µL)
1	0	0	1000
2	0.02	200	800
3	0.04	400	600
4	0.06	600	400
5	0.08	800	200
6	0.1	1000	0

Tabla 8. Curva de calibración tipo Trolox para DPPH

#	Concentración de Trolox (mg/mL)	Trolox (µL)	Agua destilada (µL)
1	0	0	1000
2	0.02	200	800
3	0.04	400	600
4	0.06	600	400
5	0.08	800	200
6	0.1	1000	0

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Daniela Monserrat Velázquez Mora, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Morelos 8, Barrio de Francia en la ciudad de Teziutlán, Puebla, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada "Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en estado inmaduro y maduro" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; por lo tanto, "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a los treinta y un día del mes enero de 2024.

"EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR",



Daniela Monserrat Velázquez Mora
Nombre y Firma

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN"



Arminda Juárez Arroyo
Directora General
Nombre, Firma y Sello

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **15/enero/2024**

Asesor(a): **JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA**
 Integrante de Comisión Revisora: **MAYRA NICOLAS GARCIA**
 Integrante de Comisión Revisora: **JACQUELIN LEON BAEZ**
 Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno(a):	VELAZQUEZ MORA DANIELA MONSERRAT		
	Apellido paterno/materno/nombre (s)		
Número de Control:	19TE0440	Licenciatura o Posgrado:	INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Plan:	2010	Correo Electrónico:	L19TE0440@TEZIUTLAN.TECNM.MX
Cuyo tema es:	DETERMINACION DE COMPUESTOS FENOLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA PULPA DE YACA (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) EN ESTADO INMADURO Y MADURO		

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 2 de febrero de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS ESPINOSA
 Nombre y Firma de la Asesor(a)

JACQUELIN LEON BAEZ
 Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
 GOBIERNO DEL ESTADO
 S.E.P.
**INSTITUTO TECNOLÓGICO
 SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
 SUBDIRECCIÓN
 ACADÉMICA**

MAYRA NICOLAS GARCIA
 Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora
MYRIAM SANCHEZ PEREZ
 Subdirección Académica

R08/06/2023
 Folio:57

F-SAC-18



Fracción I y II s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
 e-mail: itsteziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

DANIELA MONSERRAT

VELÁZQUEZ

MORA

Con Número de
Control **19TE0440**

Perteneciente al
Programa **INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
Educativo

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

**DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA PULPA
DE YACA (*Artocarpus heterophyllus*) EN ESTADO INMADURO Y MADURO**

Correspondiente al periodo:

AGOSTO-DICIEMBRE 2023

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

**DRA. JULIETA DEL CARMEN VILLALOBOS
ESPINOSA**

ATENTAMENTE



DANIELA MONSERRAT VELÁZQUEZ MORA

Nombre y firma

Fecha de emisión: **01/02/2024**
c.c.p. Subdirección Académica