



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Elaboración de un producto de panificación a base de harina de trigo  
fortificada con harina de *Parmentiera edulis D.C.*

Tesis

Para obtener el grado de  
Maestra en Ciencias de los Alimentos

Presenta

Estefania Gordillo Salazar

Director de Tesis

Dra. Aurora Quintero Lira

Codirector

Dr. Macario Vicente Flores

Asesores

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, 2022



COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos  
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Elaboración de un producto de panificación a base de harina de trigo fortificada con harina de *Parmentiera edulis* D.C.", que desarrolla el estudiante Gordillo Salazar Estefania

Asistentes:

Dra. Aurora Quintero Lira  
Dr. Macario Vicente Flores  
Dr. Javier Piloni Martini  
Dr. Sergio Soto Simental

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por la estudiante, comunicando a la estudiante, Gordillo Salazar Estefania, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE  
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"  
Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 28 de noviembre de 2022

Dra. Aurora Quintero Lira  
Dr. Macario Vicente Flores  
Dr. Javier Piloni Martini  
Dr. Sergio Soto Simental



Avenida Universidad Km. 7 en Extensión Ajedaca  
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, C.P. 42500  
Teléfono: +52 (238) 717 7000 ext. 2425  
[maestria\\_alimentos@uaeh.edu.mx](mailto:maestria_alimentos@uaeh.edu.mx)



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, porque me dio la oportunidad de lograr esta meta académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la beca otorgada (No. CVU: 1078416).

A la Dra. Aurora Quintero Lira del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH, por su dirección en este trabajo y por la transmisión de su gran saber, además de su apoyo y tiempo, que me sirvieron de impulso para realizar este proyecto.

A mis examinadores, Dr. Macario Vicente Flores, Dr. Javier Piloni Martini y al Dr. Sergio Soto Simental, quienes guiaron parte de este trabajo bajo sus acertadas observaciones y sugerencias.

Al MC. Jean Alejandro Vázquez García, quien me demostró su apoyo, amistad e interés a lo largo de esta importante etapa académica.

A la Dra. Norma Güemes Vera†, por aceptarme como su estudiante y ayudarme a dar los primeros pasos en esta etapa, espero que este orgullosa de mí.

ÍNDICE	
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Pan .....	5
1.2. Cereales.....	6
1.2.1. Trigo .....	7
1.3. Cuajilote ( <i>Parmentiera Edulis D.C.</i> ) .....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	11
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. Objetivo general.....	12
3.2. Objetivos específicos .....	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Obtención de materia prima.....	13
4.2. Obtención de harina .....	13
4.3. Formulaciones para la sustitución de harinas .....	13
4.4. Elaboración del panqué.....	14
4.5. Determinación de color.....	14
4.6. Análisis de perfil de textura .....	15
4.7. Análisis de imagen del pan .....	15
4.8. Análisis químico proximal en harinas y panqués .....	15
4.9. Análisis de compuestos bioactivos a harina y panqués .....	18
4.9.1. Análisis de contenido de fenoles totales .....	18
4.9.2. Análisis de contenido de flavonoides.....	19
4.10. Análisis de antioxidantes a harina y panqués .....	19
4.10.1. Capacidad antioxidante por el radical ABTS+.....	19
4.10.2. Capacidad antioxidante por DPPH EC <sub>50</sub> .....	20
4.11. Análisis sensorial .....	20
4.12. Análisis estadístico .....	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
5.1. Rendimiento de la harina .....	22
5.2. Análisis de color de harinas .....	22

5.3. Análisis de color de corteza de panqués .....	23
5.4. Análisis de color de miga de panqués.....	23
5.5. Análisis de perfil de textura de panqués .....	24
5.6. Análisis de imagen del panqué .....	25
5.7. Análisis químico proximal de las harinas .....	26
5.8. Análisis químico proximal de los panqués .....	27
5.9. Análisis de compuestos bioactivos .....	28
5.9.1. Análisis de contenido de fenoles totales .....	28
5.9.2. Análisis de contenido de flavonoides.....	29
5.10. Análisis de capacidad antioxidante.....	30
5.10.1. Capacidad antioxidante por el radical ABTS+ en las harinas.....	30
5.10.2. Capacidad antioxidante por DPPH EC <sub>50</sub> .....	32
5.11. Análisis sensorial del panqué.....	33
6. CONCLUSIONES.....	34
7. BIBLIOGRAFÍA .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones de la sustitución de harinas .....	14
Tabla 2. Análisis de color en harinas.....	23
Tabla 3. Análisis de color en corteza de los panqués .....	23
Tabla 4. Análisis de color en miga de panqués .....	24
Tabla 5. Análisis de perfil de textura de panqués.....	25
Tabla 6. Análisis de imagen de panqué .....	26
Tabla 7. Análisis químico proximal de harinas .....	27
Tabla 8. Análisis químico proximal de panqué .....	28
Tabla 9. Contenido de fenoles totales en harina de <i>Parmentiera edulis D. C.</i> y harina de trigo.....	29
Tabla 10. Contenido de fenoles totales en panqué .....	29
Tabla 11. Contenido de flavonoides en harina de <i>Parmentiera Edulis D. C.</i> y harina de trigo.....	30
Tabla 12. Contenido de flavonoides en panqué.....	30
Tabla 13. Capacidad antioxidante (ABTS) en harina de <i>Parmentiera Edulis D. C.</i> y harina de trigo.....	31
Tabla 14. Capacidad antioxidante (ABTS) en panqué .....	31
Tabla 15. Capacidad antioxidante (DPPH EC50) en harina de <i>Parmentiera Edulis D. C.</i> y harina de trigo.....	32
Tabla 16. Capacidad antioxidante (DPPH EC50) en panqué .....	33
Tabla 17. Análisis sensorial de los panqués .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura anatómica de un grano de trigo seccionado .....	6
Figura 2. Formación del gluten del trigo (formado de la interacción entre gliadina, glutenina, agua y energía).....	8
Figura 3. Frutos de <i>Parmentiera Edulis D.C.</i> .....	9
Figura 4. Árbol de <i>Parmentiera Edulis D.C.</i> con frutos.....	9
Figura 5 Formato evaluación sensorial.....	21

## RESUMEN

En el presente estudio se desarrolló un producto de panificación con mezcla de harinas de trigo y cuajilote (*Parmentiera Edulis D. C.*) con el objetivo de conocer las propiedades físicas, químicas, mecánicas y sensoriales tanto de la harina de trigo, como las fortificadas con harina de *Parmentiera edulis D.C.* (cuajilote) y el producto de panificación. El pan que se elaboró fueron panqués, este fue escogido por el gusto que existe dentro de los consumidores a nivel nacional. Para la elaboración del producto se realizaron 3 tratamientos de sustitución de la harina de trigo por harina de cuajilote. Las proporciones fueron de: 5%, 10% y 15%. Se realizaron análisis químico proximal y se determinaron las propiedades fisicoquímicas de la harina de trigo, cuajilote, panqués control y los tres tratamientos. Se evaluó el color en harinas, corteza y miga de panqués. También se determinó el contenido de antioxidantes de la harina del cuajilote y el pan, así como el perfil de textura y sus características sensoriales, evaluando color, olor, sabor y textura. La harina de cuajilote presentó un porcentaje de 4.3 en cenizas y de 43.84 de fibra a comparación de la harina de trigo que fue de 0.66% y 0.1% respectivamente. El panqué control que solo fue elaborado con harina de trigo contiene porcentajes mayores en los parámetros de humedad con 11.42, grasa con 30.52 y carbohidratos con 52.18. En contraste los panqués con sustituciones de harina de cuajilote aumentaron su porcentaje de cenizas, fibra y proteínas conforme fue incrementando la sustitución, por lo que el panque al 15% fue el que mejoró más sus propiedades nutrimentales con porcentajes de 0.67, 0.74 y 6.39, respectivamente. En cuanto al color, lo observado fue que conforme fue aumentando la sustitución, el valor de L\* disminuyó tanto en corteza, como en miga, llegando a valores de  $29.86 \pm 2.87$  y  $29.96 \pm 2.77$ . Con respecto al perfil de textura, el panqué con sustitución de 5% fue el que obtuvo mayor resiliencia 0.26% y masticabilidad 5.57%, y el panqué con 15% mostró mayor cohesividad 0.56% y elasticidad 0.77%. Los resultados obtenidos de flavonoides y capacidad antioxidante (ABTS y DPPH) presentaron los valores más altos con la sustitución del 15% (10.34 meq EQ/g de muestra seca, 122.81  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra seca y 48.27% de inhibición respectivamente). En cuanto al análisis sensorial el color que tuvo mayor aceptación fue el control con 4.54%, en cuanto al olor, sabor y textura, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: Sustitución, propiedades nutrimentales, fortificación

## ABSTRACT

In the present study, a bakery product was developed with a mixture of wheat and cuajilote flours (*Parmentiera Edulis D. C.*) with the aim of establishing the physical, chemical, mechanical and sensory properties of fortified wheat flour in the preparation of a product of baking. The product that was made was pancakes. In flours with wheat-cuajilote substitution, wheat was substituted in proportions of 5%, 10% and 15%. Bromatological analyzes were carried out and the physicochemical properties of wheat flour, cuajilote, and control and substitution pancakes were determined. Color was evaluated in flour, crust and pancake crumb. The texture profile of the product and its sensory characteristics were also determined, evaluating color, smell, flavor and texture. Cuajilote flour presented a percentage of 4.3 in ashes and 43.84 in fiber compared to wheat flour, which was 0.66% and 0.1% respectively. The control pancake that was only made with wheat flour contains higher percentages in the parameters of humidity with 11.42, fat with 30.52 and carbohydrates with 52.18. In contrast, the pancakes with substitutions increased their percentage of ash, fiber and protein as the substitution increased, so the 15% pancake was the one that improved its nutritional properties the most with percentages of 0.67, 0.74 and 6.39, respectively. Regarding color, what was observed was that as the substitution increased, the value of L\* decreased both in the crust and in the crumb, reaching values of  $29.86 \pm 2.87$  and  $29.96 \pm 2.77$ . Regarding the texture profile, the pancake with 5% substitution was the one that obtained the highest resilience 0.26% and chewiness 5.57%, and the pancake with 15% showed greater cohesiveness 0.56% and elasticity 0.77%. As for the sensory analysis, the color that had the greatest acceptance was the control with 4.54%, in terms of smell, taste and texture, there were no significant differences between the treatments.

Keywords: Substitution, nutritional properties, fortification

## INTRODUCCIÓN

El pan, del latín *panis*, es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en el mundo. Es considerado como uno de los productos alimenticios más populares. De acuerdo con la investigación de Dhir en el 2018, la elaboración de pan se originó alrededor del año 2000 a. C en Egipto. Se suele preparar mediante el horneado de una masa, elaborada fundamentalmente con harina de cereal, agua y sal. Los cereales son los alimentos más importantes en la dieta humana debido a sus altas propiedades nutrimentales. Los principales cereales son el trigo, el arroz, el maíz, la cebada y la avena. Sin embargo, el trigo es el cereal más utilizado en la industria panadera, tiene un bajo contenido de proteína (2.5%), de grasa (2.9%) y de fibra (11.4%) en comparación con otros granos. Su perfil de aminoácidos indispensables revela deficiencias de lisina y treonina, lo que determina una calidad proteínica relativamente baja. Por lo que en los últimos años se ha buscado incrementar las propiedades nutrimentales de los panes elaborados con harina de trigo mediante la incorporación de harinas de frutas o leguminosas. Los sustitutos de harinas de diversas frutas y leguminosas pueden realizar las mismas funciones que la harina de trigo además de aportar nutrientes importantes para que el producto final sea de mayor calidad, una de estas aportaciones es la fibra y es de mucha importancia en este tipo de productos ya que contienen un aporte calórico importante, también se ha observado que este tipo de sustitutos pueden aportar un porcentaje de proteína bastante significativo así como de algunos minerales esenciales en la dieta diaria recomendada, sin embargo para obtener un producto de buena calidad, aceptación sensorial y que cumpla con las características organolépticas es un gran reto porque se está sustituyendo dos ingredientes fundamentales para que se logre obtener un producto sensorialmente aceptable (García *et al.*, 2020; Parenti *et al.*, 2020; Chaquilla *et al.*, 2018). La combinación de un cereal con una leguminosa o fruta ha permitido disponer de alimentos fortificados para consumo humano, con un balance adecuado de aminoácidos indispensables, en este sentido la *Parmentiera edulis D. C.* o cuajilote, es un árbol que produce frutos fibrosos con un alto contenido de compuestos lignocelulósicos. Se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales de México a lo largo de la costa del Pacífico y el Golfo de México. En primavera y verano, el árbol produce frutos cilíndricos y surcados longitudinalmente, con tamaños que van desde los 5 a los 23 cm de longitud y de 2 a los 6.5 cm de diámetro, dependiendo de su etapa de madurez. Los árboles tienen un alto rendimiento,

aproximadamente 300 kg de fruto por árbol, y son fáciles de cultivar. Otros estudios han reportado algunas propiedades de la fruta, específicamente la cuantificación de algunos de sus macronutrientes y micronutrientes, pero la información recolectada aún es escasa, pues esta fruta y sus fibras han sido poco estudiadas. Es por lo que la caracterización de la harina de *Parmentiera edulis D. C.* proporcionaría información útil para su uso en la industria de la panificación (Martínez *et al.*, 2021). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar las propiedades físicas, químicas, mecánicas y sensoriales de la harina de trigo fortificadas con harina de *Parmentiera edulis D.C.* (cuajilote) en la elaboración de un producto de panificación.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Pan

El pan, del latín *panis*, es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en el mundo. Se suele preparar mediante el horneado de una masa, elaborada fundamentalmente con harina de cereal, agua y sal. La mezcla, en la mayoría de las ocasiones, suele contener levaduras para que fermentar la masa y sea más esponjosa y tierna. La harina más utilizada para la elaboración del pan es la de trigo, aunque también se utiliza el centeno, la cebada, el maíz y el arroz. Es un alimento nutricionalmente balanceado debido a que contiene una gran cantidad de los nutrientes esenciales que necesita el organismo, como carbohidratos, proteínas, vitaminas A, B1, B2, niacina, ácido fólico y minerales como el calcio, magnesio, fósforo, yodo, hierro y zinc. El pan es un alimento energético que proporciona de 244 a 285 kcal/100g, dependiendo del tipo de pan. Los panes de miga dura serán más energéticos que los panes de miga blanda, debido al contenido de agua. El componente mayoritario es el almidón (aproximadamente entre 40 y 50%), contiene de 7-10% de proteínas, dependiendo del tipo de harina utilizada. La proteína de trigo es de baja calidad, debido a que es deficiente en el aminoácido esencial lisina. En cuanto al contenido de grasa este varía dependiendo del tipo de pan elaborado puede ir del 1 al 5%, con un 80% de contenido de ácidos grasos insaturados. El contenido de calcio es inferior a 25mg/100g, y hierro con 1.5 mg/100g. La cantidad de sal adicionada suele proporcionar un contenido de sodio superior a 500mg/100g. En cuanto a las vitaminas hidrosolubles de tiamina aporta un 0.06-1.12mg/100g, de riboflavina de 0.03-0.06mg/100g y niacina 0.51mg/100g. La presencia de leche puede aumentar los niveles de riboflavina y calcio. La concentración media de fibra es de 2.5% para los panes normales y 4.3% para panes de molde o integrales. Hoy en día los consumidores son muy conscientes de la salud, por lo que demandan pan más saludable y nutritivo (Ghoshal *et al.*, 2017), lo que ha llevado a desarrollar panes que combinen beneficios para la salud con buenas propiedades sensoriales. Por lo que, en los últimos años, ha habido un gran interés en la sustitución parcial de harina de trigo por harinas que contengan mayor valor nutricional y puedan ser utilizadas como ingrediente en formulaciones y productos de panificación (Morejón *et al.*, 2021; Lozano *et al.*, 2018; Sciarini *et al.*, 2016).

## 1.2. Cereales

Los cereales son los alimentos más importantes en la dieta humana debido a sus altas propiedades nutrimentales, ya que contienen hidratos de carbono, proteínas, sales minerales, vitaminas y fibra. Pertenecen al grupo de plantas de la familia de las gramíneas, presentes en todos los países del mundo, y han constituido, desde siempre, la base de la alimentación de sus pobladores. El cultivo de los cereales es relativamente fácil y de costo bajo, es por esto por lo que diferentes civilizaciones han tomado este alimento como su fuente de alimentación. Los principales cereales consumidos en el mundo son el trigo, el arroz, el maíz, el centeno, la cebada, la avena y el mijo. Se caracterizan porque la semilla y el fruto son lo mismo, están compuestos por el germen, que se localiza en el centro o núcleo de la semilla, y a partir del cual se puede desarrollar una nueva planta, el endospermo, que tiene una estructura harinosa o feculenta que envuelve al germen y que le proporciona los nutrientes necesarios para su desarrollo, la testa, que es la capa exterior laminar que recubre al grano y proporciona nutrientes y vitaminas, y la cáscara, que es la capa más exterior de todas y de cierta dureza ya que protege a la semilla, y está formada por fibras vegetales. El desarrollo en la siembra de los cereales se ha dado dependiendo de la ubicación, el clima, los tipos de tierra y los hábitos de consumo de los pobladores, que está relacionado con su cultura (Morejón *et al.*, 2021; Serna *et al.*, 2019).

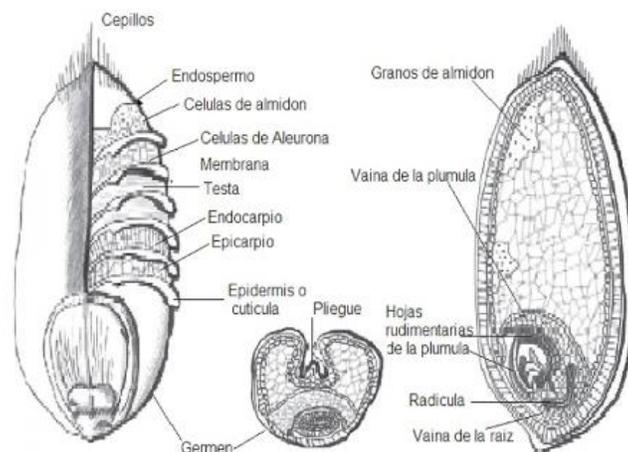


Figura 1. Estructura anatómica de un grano de trigo seccionado (Arendt y Zannini, 2013).

### 1.2.1. Trigo

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), siendo las variedades más cultivadas la *Triticum durum* y *T. compactum*. El trigo harinero llamado *T. aestivum* es el cereal panificable más cultivado en el mundo y sus productos son muy importantes en la nutrición humana (Wuletaw *et al.*, 2019). Tiene un bajo contenido de proteína (11.4%), de grasa (2.9%) y de fibra (2.5%) en comparación con otros granos como el arroz. Su perfil de aminoácidos indispensables revela deficiencias de lisina (2.4%) y treonina (1.7%), lo que determina una calidad proteínica relativamente baja. Sin embargo, su contenido de aminoácidos azufrados como la metionina y cisteína (2.1%) es satisfactorio en comparación con el maíz (1.8%) y el sorgo (1.2%) que presentan una menor cantidad de dichos aminoácidos. La mayoría de los cereales son fuente importante de vitaminas, como: tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico y tocoferol. Con respecto al contenido de minerales se tienen sustancias elementales como fósforo, potasio y magnesio (Mansilla *et al.*, 2019; Ponce *et al.*, 2018).

#### 1.2.1.1. Proteínas de trigo

El contenido de proteína del grano de trigo puede variar entre 9 y 17 %, dependiendo de factores genéticos y agentes asociados con el cultivo del cereal. Una propiedad única del trigo es aquella que se manifiesta cuando su proteína insoluble hace contacto con el agua y forma gluten, que confiere viscoelasticidad a la masa de panificación. Por lo tanto, el gluten es el componente del grano de trigo más determinante de la calidad de este. La proteína del gluten representa entre 78 y 85 % de la proteína total del endospermo de trigo, por lo que las variaciones en el contenido total indican los diferentes valores en la integridad del gluten, de modo que, cuanto mayor sea el contenido de proteína (y de gluten) mayor será la calidad (fuerza de gluten) de panificación de la variedad. Esta cantidad no siempre puede explicar las diferencias en las propiedades viscoelásticas de las masas de diferentes variedades, por ello, la calidad de la proteína del gluten es un factor determinante. La calidad de la proteína del gluten referida como propiedades viscoelásticas o fuerza de gluten depende de dos factores principales: la proporción de dos componentes denominados gliadina (proteína que confiere flujo viscoso a la masa) y glutenina (da elasticidad y

extensibilidad a la masa); y la presencia de unidades específicas de glutenina, conocidas como gluteninas de alto peso molecular (APM) y gluteninas de bajo peso molecular (BPM), que pueden contribuir de manera positiva o negativa a la obtención de gluten fuerte y extensible (Castillo *et al.*, 2019; Wuletaw *et al.*, 2019; Ponce *et al.*, 2018).

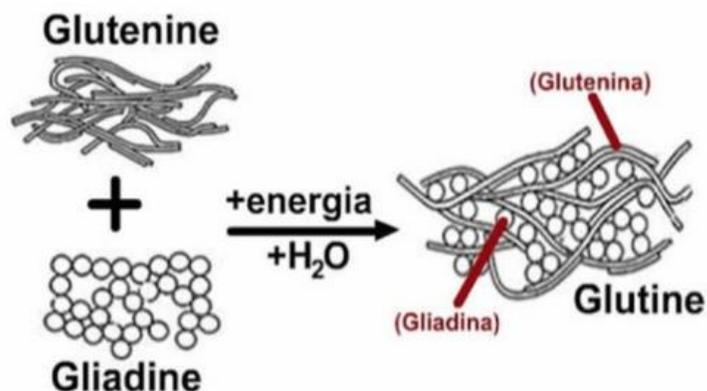


Figura 2. Formación del gluten del trigo (formado de la interacción entre gliadina, glutenina, agua y energía).

#### 1.2.1.2. Propiedades funcionales de las proteínas del trigo

Los complejos de proteínas que constituyen las masas se denomina gluten. Está formado por tres fracciones de solubilidad distinta: la gliadina soluble en alcohol, las gluteninas solubles en soluciones de ácidos débiles diluidos y las gluteninas insolubles o residuo de proteína que son moléculas asimétricas no globulares compactas. En cuanto a su conformación se refiere, las gliadinas y las gluteninas dependen de los enlaces covalentes y no covalentes. Cuando el enlace covalente de la cadena de disulfuro se rompe, se presentan cambios en la viscoelasticidad (Chaquilla-Quilca *et al.*, 2018; Ponce *et al.*, 2018).

#### 1.3. Cuajilote (*Parmentiera Edulis D.C.*)

El cuajilote (*Parmentiera edulis D.C.*) es un árbol que produce frutos fibrosos con un alto contenido de compuestos lignocelulósicos, se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales de México a lo largo de la costa del Pacífico y el Golfo de México, con su hábitat natural llegando hasta Centroamérica. En primavera y verano, el árbol produce frutos cilíndricos y surcados longitudinalmente, con tamaños que van desde los 5 a los 23 cm de longitud y de 2 a los 6.5 cm de diámetro, dependiendo de su etapa de madurez. Los árboles

tienen un alto rendimiento, aproximadamente 300 kg de fruto por árbol, y son fáciles de cultivar.

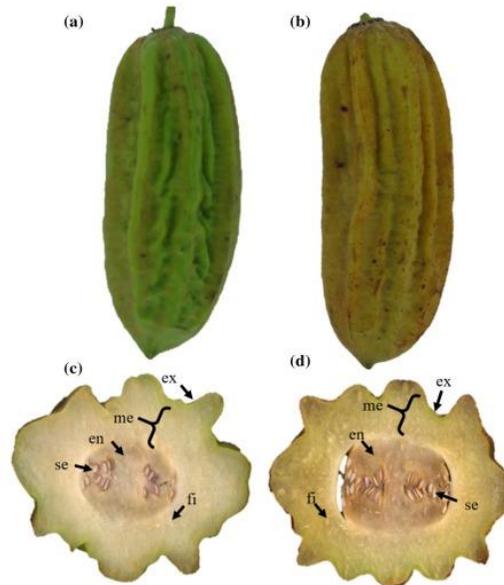


Figura 3. Frutos de *Parmentiera Edulis D.C.*, a) inmaduro, b) maduro, c) y d) fruta seccionada transversalmente (exocarpo (ex), mesocarpo (me), endocarpo (en), fibras (fi), semillas (se)).

La corteza, flores y frutos de este árbol han sido utilizado para el tratamiento de algunas enfermedades como diabetes, gonorrea, resfriados e hidropesía reportados en la literatura.



Figura 4. Árbol de *Parmentiera Edulis D.C.* con frutos

Otros estudios han reportado algunas propiedades de la fruta, específicamente la cuantificación de algunos de sus macronutrientes y micronutrientes, pero la información recolectada aún es escasa, pues esta fruta y sus fibras han sido poco estudiadas (Vicente-Flores *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2018). Vicente-Flores *et al.*, (2020) realizó un estudio donde se determinó la caracterización fisicoquímica de los frutos de cuajilote (*Parmentiera edulis D.C.*) en etapa inmadura y madura. La caracterización microestructural del cuajilote mediante técnicas microscópicas y análisis de imágenes proporcionó información relevante de los diferentes tipos de células de cada región que constituyen la estructura del exocarpio, mesocarpio y endocarpio del fruto en ambas etapas de madurez. Esto facilitó observar las diferencias en la forma y el tamaño de las células frutales durante la etapa inmadura y madura. La información cualitativa obtenida por CLSM (microscopio confocal de barrido láser) sobre la distribución de celulosa y lignina en las fibras mostró relación con la composición química de la fruta, observando que en la fruta madura las fibras de esclerénquima tienden a lignificarse. Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan la información necesaria para un criterio de selección de frutos dependiendo de la etapa de madurez donde la celulosa o la lignina se pueden extraer con los principales beneficios de sus fibras, esta información es importante para el proceso de pulpeo de las fibras.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La *Parmentiera Edulis D. C.* (cuajilote) es un fruto que se cosecha en México y en diferentes partes de Centroamérica, el cual no es aprovechado para el consumo humano ya que su única finalidad es alimentar al ganado, lo que deja a los frutos en los campos de cultivo donde se degradan causando contaminación, mal olor y proliferación de plagas. En años recientes se han realizado investigaciones que han encontrado que algunas frutas y sus desperdicios tienen propiedades que pueden satisfacer las deficiencias nutricionales de algunos alimentos mediante sustituciones parciales a través de realización de harinas, sin embargo, son muy pocos los que se han implementado en la industria alimentaria. Los panqués son bizcochos que tradicionalmente están compuestos por cuatro ingredientes básicos: harina generalmente de trigo, huevos, mantequilla y azúcar, por lo que no aportan muchos nutrientes al consumirse; por esto, la harina de trigo con la que normalmente se elaboran se puede sustituir por harina de diferentes cereales, leguminosas y cáscaras de ciertos frutos para incrementar sus características nutricionales sin afectar sus propiedades mecánicas y sensoriales. Esto hace que el cuajilote sea una opción para sustituir harina de trigo en la industria de panificación para enriquecer el producto y disminuir el impacto sobre el medio ambiente. Por lo que el presente trabajo de investigación propone el uso de harina de cuajilote (*Parmentiera edulis D.C.*) en la sustitución parcial de harina de trigo para obtener mezclas con características reológicas adecuadas para obtener panqués sensorialmente aceptables y con mayor aporte nutrimental.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Determinar las propiedades físicas, químicas, mecánicas y sensoriales de la harina de trigo fortificadas con harina de *Parmentiera Edulis D.C.* (cuajilote) en la elaboración de un producto de panificación.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el análisis de perfil de textura del producto de panificación elaborado con las sustituciones de harina de *Parmentiera Edulis D.C.*
- Determinar las propiedades químico proximales y color de la harina de *Parmentiera Edulis D.C.* y del producto de panificación elaborado con los porcentajes de sustitución.
- Identificar la concentración de antioxidantes presentes en la harina de *Parmentiera Edulis D.C.* y de los productos de panificación elaborados.
- Evaluar las características sensoriales del producto de panificación mediante pruebas de nivel de agrado.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Obtención de materia prima

Los frutos de cuajilote (*Parmentiera Edulis D.C.*) se cosecharon de árboles del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México (16° 45' 19" de latitud N, 94° 49' 50" de longitud O y una elevación promedio de 515 m con el punto más alto 522 msnm). Los frutos se recolectaron manualmente de aproximadamente 10 árboles en función de su etapa de madurez a través de la percepción visual del color durante los meses de verano de agosto y septiembre de 2021. Se recolectaron un total de 250 frutos en etapa de madurez identificados por su color beige amarillento a través de la percepción visual con la ayuda de la experiencia personal de los agricultores (Vicente-Flores *et al.*, 2020).

### 4.2. Obtención de harina

Para la elaboración de harina de cuajilote, el fruto se lavó con agua potable y jabón, posteriormente se seccionó de manera longitudinal eliminando el endocarpio, y se cortó en cuadros de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup>. Se secó en un horno (Riossa, HCF82D, México) a una temperatura de 50°C durante 72 horas y se molió en un molino de martillos (Swissmex, 610200, México). Finalmente se pasó por un tamiz de malla de harina número 16 (1.18 micras, FIIC, México) y por un tamiz número 32 (0.5 micras, BUNSEKI FURUI, EUA.). El rendimiento de la harina de cuajilote se expresó como la cantidad de harina obtenida en función de la cantidad de fruto utilizado, mediante la siguiente expresión: (García *et al.*, 2012).

$$\% \text{ rendimiento de harina} = \frac{\text{peso de la harina}}{\text{peso del fruto}} \times 100$$

### 4.3. Formulaciones para la sustitución de harinas

Las formulaciones fueron establecidas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo con harina de *Parmentiera Edulis D.C.* (Tabla 1), conforme a lo encontrado en la investigación de Castillo *et al.*, 2019 donde marca que las sustituciones parciales se realizan

en el rango del 5% al 30%, ya que después de este % la red de gluten formada por las gliadinas y las gluteninas se ve interrumpida por la sustitución lo que afecta a la textura del pan.

Tabla 1. Formulaciones de la sustitución de harinas

	Formulaciones %			
	Control	1	2	3
Harina de trigo	100	95	90	85
Harina de <i>Parmentiera edulis</i> D.C.	0	5	10	15

#### 4.4. Elaboración del panqué

Se cremaron 100 gr de mantequilla (sin sal) en una batidora (KitchenAid Artisan Plus, EUA). Se le agregaron 100 gr de azúcar morena (Zulca) y 100 gr de huevo, se batió hasta incorporar. Se adicionaron 100 gr de harina según la formulación correspondiente y se incorporó de manera envolvente. Se dividió la mezcla, agregando 175 gr en capachillos metálicos y se colocaron en un horno (Felisa, 242, México) a 180°C por 30 minutos (Montagné *et al.*, 2021).

#### 4.5. Determinación de color

Para la determinación del color de las harinas primero se colocaron dentro de una caja Petri hasta el borde y se cubrió con plástico transparente, después se tomaron las mediciones colocando el colorímetro (Minolta, CM-508d) sobre la superficie.

El color de la corteza de los panqués con sustitución de harina de trigo con harina de *Parmentiera Edulis* D.C. se determinó colocando el colorímetro sobre la superficie en diferentes puntos de la corteza.

Para el color de la miga, se partió en panqué y se tomaron las mediciones colocando el colorímetro sobre la superficie en diferentes puntos. Las mediciones de color se realizaron en un colorímetro (Minolta, CM-508d, Osaka, Japón). Los datos obtenidos se interpretaron con el gráfico del sistema internacional CIELAB. Se obtuvieron los parámetros de color L\*, a\*, b\*, el cual considera las desviaciones entre luminosidad, blanco y negro (L\*). Los valores a\* (verde valores negativos a rojo valores positivos) y b\* (amarillo valores positivos a azul valores negativos) (López *et al.*, 2016; A.A.C.C., 2000).

#### 4.6. Análisis de perfil de textura

El análisis de perfil de textura en las formulaciones de los panqués con sustitución de harina de trigo con harina de *Parmentiera Edulis* D.C. se determinaron mediante un Analizador de Textura (Brookfield, CT3), donde se comprimió dos veces consecutivas sobre la base (TA-RT-KIT), con un émbolo de acrílico de 36mm diámetro (sonda: TA3/100); empleando una celda de carga de 4.5kg, a una velocidad de 0.5mm/s, con un 20% de deformación y reposo de 5 segundos entre cada compresión (Guadarrama *et al.*, 2016).

#### 4.7. Análisis de imagen del pan

Para determinar la calidad de la miga, los panqués fueron cortados en el centro y se tomó una imagen con un escáner (Multifuncional HP Ink Tank 315). Las imágenes fueron analizadas con el software Digimizer Image Analysis 4.3.0, el corte fue dividido en cuadrantes de 1 cm<sup>2</sup> y se calculó área total (mm<sup>2</sup>), área de las celdas (mm<sup>2</sup>), % de fase dispersa, área promedio de las celdas (mm<sup>2</sup>), número de celdas por cm<sup>2</sup> y área celda/área total (Totosaus *et al.*, 2013).

#### 4.8. Análisis químico proximal en harinas y panqués

**Humedad.** Se determinó mediante la metodología de la A.O.A.C. 44-16 (2003). Primero se pesaron 10 gramos de muestra en una cápsula de aluminio previamente tarada y a peso constante, después se colocó en una estufa (Craft, EUA) a una temperatura de 105°C por 4 horas y/o hasta que llegó a peso constante. Después de este tiempo la cápsula se colocó en un desecador hasta enfriar, y por último se pesó. Se calculó la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100$$

Donde:

$w_1$  es el peso de la charola más la muestra húmeda

$w_2$  es el peso de la charola más la muestra seca

$w$  es el peso de la muestra

**Cenizas.** Para la determinación de cenizas se colocó el crisol a peso constante, para después colocar 5 gramos de la muestra. Estos se calcinaron a fuego directo y se llevaron a una mufla (FELISA, FE-361, México) a una temperatura de 550°C hasta que las cenizas presenten un color blanco grisáceo (aproximadamente de 3 a 4 horas). Transcurrido el tiempo se colocó el crisol en un desecador hasta enfriar y se pesó. (A.O.A.C. 923.03, 2003). Se calculó el porcentaje de cenizas mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100$$

Donde:

$w_1$  es el peso del crisol con la muestra calcinada

$w_2$  es el peso del crisol

$w$  es el peso de la muestra

**Grasa.** La determinación de grasa se llevó a cabo por medio del método Goldfish, donde se colocaron los vasos Büchi a peso constante, y después se llenaron con éter de petróleo hasta la marca indicada. Posteriormente, en cartuchos de celulosa, se colocó la muestra libre de humedad, para después ser colocado sobre el vaso. Se realizó la extracción en el equipo de extracción de grasa (Büchi, E816-HE) por 3 horas, con 30 minutos de lavado y 30 minutos de secado. Pasado este tiempo, los vasos fueron retirados del extractor y se dejaron enfriar, para ser pesados. (A.O.A.C. 920.309, 2003). Se calculó el porcentaje de grasa mediante la siguiente fórmula:

$$\%Grasa\ cruda = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100$$

Donde:

$w_1$  es el peso del matraz con grasa

$w_2$  es el peso del matraz

$w$  es el peso de la muestra

**Fibra.** Para la determinación de fibra se colocaron dentro de vasos Berzelius la muestra sin humedad y sin grasa junto con 200 mililitros de ácido sulfúrico 0.255N caliente, y se colocó en el equipo de determinación de fibra (LABCONCO, LAC300001-00, EUA) a ebullición por 30 minutos. Después la muestra se filtró en tela por medio de embudos de tallo largo, y se le aplicaron lavados de agua destilada hasta llegar a pH neutro. Después se colocó la muestra nuevamente dentro de los vasos junto con 200 mililitros de hidróxido de sodio 0.313N caliente en el equipo de determinación de fibra a ebullición por 30 minutos. Se volvió a filtrar y se vertieron 25 mililitros de ácido sulfúrico caliente (0.255N), 150 mililitros de agua destilada y 25 mililitros de alcohol etílico. Se colocó dentro de un crisol y se llevó a una estufa de secado a 130 °C (FELISA, 242, México) por 2 horas, se dejó enfriar en un desecador y se pesó. Por último, se colocó el crisol en una mufla (FELISA, FE-36, México) a 550°C por 30 minutos y se pesó. (A.O.A.C. 962.09, 2003). Se calculó el porcentaje de fibra cruda mediante la siguiente fórmula:

$$\%Fibra\ cruda = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100$$

Donde:

$w_1$  es el peso del crisol con la muestra seca

$w_2$  es el peso del crisol con muestra calcinada

$w$  es el peso de la muestra

**Proteínas.** La determinación de proteínas se realizó por el método Kjeldahl, donde se pesaron entre 0.5 y 1 gramo de muestra y se envolvió en papel libre de nitrógeno, estos se colocaron en los tubos Kjeldahl junto con 5 gramos de mezcla digestora (200g de sulfato de potasio y 20g de sulfato cúprico pentahidratado) y 15 mililitros de ácido sulfúrico concentrado. Esto se colocó en un digestor Kjeldahl (Büchi, K-425). Terminada la digestión, los tubos se colocaron en el destilador (Büchi, K-350). El destilado se recuperó en un matraz Erlenmeyer con 50 mililitros de ácido bórico al 2% y 2 gotas de rojo de metilo. Por último, se tituló cada matraz con una solución de ácido sulfúrico 0.1N hasta el vire (A.O.A.C. 955.04, 2003). Se calculó el porcentaje de nitrógeno mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(mL\ problema - mL\ blanco)(meq\ N)(Normalidad\ ácido\ sulfúrico)}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

**Carbohidratos.** Se obtuvieron por diferencia de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Carbohidratos \left( \frac{g}{100} muestra \right) = 100\% - (\%humedad + \%grasa + \%proteína + \%cenizas + \%fibra\ cruda)$$

#### 4.9. Análisis de compuestos bioactivos a harina y panqués

##### 4.9.1. Análisis de contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales fue determinado mediante la técnica colorimétrica de Folin-Ciocalteu, de acuerdo con la metodología descrita por Ondo y Ryu (2013). Para las muestras de harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y panqués, fueron pesados 1g de cada muestra en tubos falcón y se añadieron 10 mL de agua destilada, después fueron agitados en un vórtex marca Barnstead Thermolyne modelo M37615 y centrifugados a 5000 rpm por 10 min en una centrifuga ThermoFisher Scientific. Posteriormente se tomó una alícuota del sobrenadante de 1.58 mL (1580 µL) y se colocaron en tubos de ensayo con 100 µL de reactivo Folin-Ciocalteu, los tubos fueron agitados para mezclar bien y reposaron por 8min para después añadir 300 µL de solución de carbonato de sodio y agitar hasta homogeneizar. Tras reposar por 15 min a 50°C en un baño María a oscuridad total, fue medida la absorbancia de cada solución a 765 nm en un espectrofotómetro UV-VIS marca Shimadzu (UV-1280, Japón). Los resultados fueron expresados como mg de ácido gálico por g de materia seca, haciendo mediciones por triplicado. Se determinaron los fenoles totales mediante la siguiente fórmula:

$$Fenoles\ totales = \frac{(C)(V)(t)}{m}$$

Donde:

c es la concentración de ácido gálico (mg/l/mL) de la correspondiente curva estándar de la muestra diluida

V es el volumen de muestra (mL)

t es el factor de dilución

m es el peso de materia seca de la muestra (g)

#### 4.9.2. Análisis de contenido de flavonoides

El contenido de flavonoides totales fue determinado mediante el método de tricloruro de aluminio, de acuerdo con la metodología descrita por Zhishen *et al.*, (1999). Para las muestras de harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y panqués, fueron pesados 1g de cada muestra en tubos falcón y se añadieron 10mL de agua destilada, después fueron agitados por 2 min en un vórtex marca Barnstead Thermolyne modelo M37615 y centrifugados a 5000 rxm por 10 min en una centrifuga ThermoFisher Scientific. Posteriormente se tomó una alícuota del sobrenadante de 2 mL (2000  $\mu$ L) y se colocaron en tubos de ensayo con 2000  $\mu$ L de tricloruro de aluminio al 2%, los tubos fueron agitados para mezclar bien y reposaron por 20 min en oscuridad total. Tras reposar por 20 min en oscuridad total, fue medida la absorbancia de cada solución a 415 nm en un espectrofotómetro UV-VIS marca Shimadzu (UV-1280, Japón). Los resultados fueron expresados como mg de quercetina por gramo de materia seca, haciendo mediciones por triplicado.

#### 4.10. Análisis de antioxidantes a harina y panqués

##### 4.10.1. Capacidad antioxidante por el radical ABTS+

La determinación de actividad antioxidante por inhibición del radical (2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) ABTS, fue realizada con la metodología descrita por Siddhuraju *et al.*, (2007). La cual inicia con la realización de una solución de 0.0776 g de ABTS diluido en 20 mL de agua destilada, más la adición de 0.0132 g de persulfato de potasio en un envase cubierto con papel aluminio y se dejó reaccionar durante 12 a 16 h a temperatura ambiente en la oscuridad. Después se diluyó 550  $\mu$ L de solución de ABTS con 49.9 mL de etanol para medir la absorbancia que entró en el rango de  $0.700 \pm 0.02$  (0.702-0.698) a 732 nm. Para las muestras de harina y de panqué se pesó 1g de cada una en tubos eppendorf y se añadió 1.9 mL de agua destilada, después fueron agitados en un vórtex marca Barnstead

Thermolyne modelo M37615 y centrifugados a 5000 rpm por 10 min en una centrifuga ThermoFisher Scientific. Posteriormente fue tomada una alícuota del sobrenadante de 50  $\mu$ L y colocaron dentro de tubos de ensayo, añadiendo 1450  $\mu$ L de la solución de ABTS, los tubos fueron agitados para homogenizar y reposaron por 30 min a oscuridad total. Una vez pasado el tiempo de reacción se midió la absorbancia de cada solución a 732 nm en un espectrofotómetro UV-VIS marca Shimadzu (UV-1280, Japón). Realizando tres repeticiones por cada muestra. Los resultados son expresados en  $\mu$ mol de Trolox por g de muestra seca.

#### 4.10.2. Capacidad antioxidante por DPPH EC<sub>50</sub>

Para realizar la evaluación de actividad antioxidante mediante el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), se siguió la técnica descrita por Brand-Williams *et al.*, (1995). Consistió en la preparación de una solución madre, disolviendo 3.943 mg de DPPH con 100 mL de metanol al 80%. De las muestras de harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y panqués, se pesaron 2 g de cada muestra en tubos eppendorf y se añadieron 1.8 mL de agua destilada, después fueron agitados en un vórtex marca Barnstead Thermolyne modelo M37615 y centrifugados a 5000 rpm por 10 min en una centrifuga ThermoFisher Scientific. Posteriormente se tomó una alícuota del sobrenadante de 50  $\mu$ L y se colocaron en tubos de ensayo con 1.95 mL de solución de metanol DPPH (0.1 mL). El monitoreo de absorbancia fue realizado durante una hora en intervalos de 10 min a 517 nm en un espectrofotómetro UV-VIS marca Shimadzu (UV-1280, Japón). Cada ensayo fue realizado por triplicado. Los resultados son expresados en g de muestra/g DPPH.

#### 4.11. Análisis sensorial

Se realizó una evaluación sensorial, donde se aplicó una prueba afectiva, estas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante un producto, indicando si le gusta o le disgusta, estas pruebas se clasifican en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación (Anzaldúa, 2005).

La evaluación sensorial se desarrolló con una prueba de nivel de agrado a 120 panelistas no entrenados, que evaluaron el panqué control y los tratamientos con 5, 10 y 15% de sustitución de harina de trigo por harina de *Parmentiera Edulis D. C.*, mediante una escala hedónica de

cinco puntos: un punto a "me disgusta mucho" y de cinco puntos para el "me gusta mucho". Los panelistas fueron personas de entre 18 y 23 años de edad. , 73 mujeres y 47 hombres, con grado de escolaridad de licenciatura, 42 personas procedentes de Tulancingo, 20 del Estado de México, 10 de Pachuca, 3 de Puebla y el resto de diferentes municipios del estado de Hidalgo. El formato de evaluación se muestra en la figura 5.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE HIDALGO**



Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: Masculino  Femenino

Escolaridad: Primaria  Secundaria  Bachillerato  Licenciatura

Lugar de procedencia: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** frente a usted se presentan cuatro muestras de panqué integral codificadas. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, marcando con una x sobre la opción que mejor refleje su opinión.

**COLOR**

Categoría	Código			
	415	110	205	310
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				

Observaciones

**OLOR**

Categoría	Código			
	415	110	205	310
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				

**SABOR**

Categoría	Código			
	415	110	205	310
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				

**TEXTURA**

Categoría	Código			
	415	110	205	310
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				

Figura 5 Formato evaluación sensorial

#### 4.12. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un ANOVA por la prueba de Tukey con una significancia de  $P \leq 0.05$ . Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software IBM SPSS Statistics (SPSS, 2017).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Rendimiento de la harina

El rendimiento de la harina de *Parmentiera Edulis D.C.* fue de 32.52%, esto quiere decir que por cada 1000g de fruta fresca de cuajilote se obtienen 325.2g de harina de *Parmentiera Edulis D. C.*; estos resultados son comparables con los obtenidos por Villanueva *et al.*, (2019) cuando obtuvo un rendimiento máximo de 36% en la elaboración de harina de plátano (*Musa Paradisiaca L.*). Las diferencias en el porcentaje de rendimiento pueden ser debido a que hubo una mayor pérdida de peso en el proceso de la elaboración de la harina durante la molienda, ya que Villanueva utilizó un molino de discos en los que la pérdida de materia es menor que en el molino de martillos.

### 5.2. Análisis de color de harinas

El color es un rasgo vital en el pan, ya que es una de las características que influyen en la aceptación o el rechazo del producto. Uno de los sistemas para la medición del color más aceptados en la medición de color en alimentos es el sistema Cie Lab, el cual es definido en un sistema ortogonal, se representa mediante un eje vertical, representado por diversos parámetros ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c$ ,  $h$ ) (Biedma, 2020). Los resultados de los parámetros de color de las harinas se presentan en la tabla 2. Como se observa, el parámetro de Luminosidad en la harina blanca es el que mostró un valor mayor con 93.13, lo cual infiere que las sustituciones de harina disminuyen la luminosidad conforme va aumentando el porcentaje de sustitución, lo que explica que existan diferencias significativas en los tratamientos de sustitución. Esto también fue observado por Escobedo y colaboradores en el 2019, cuando realizaron una sustitución de harina de trigo por harina de haba, lo que disminuyó la luminosidad de la harina conforme aumentó la sustitución. La harina de *Parmentiera Edulis D.C.* se encuentra en el rango de color de los marrones, mientras que la harina blanca se encuentra en el rango de los amarillos muy claros. En cuanto a las sustituciones todas se encuentran en el rango de marrón claro a marrón medio (Escobedo *et al.*, 2019; Gularte *et al.*, 2012; Levent *et al.*, 2011).

Tabla 2. Análisis de color en harinas

Harina	L*	a*	b*	h	c
<b>Cuajilote (<i>P. edulis</i>)</b>	51.78±0.39 <sup>d</sup>	8.31±0.25 <sup>a</sup>	22.50±0.51 <sup>a</sup>	1.22±0.0 <sup>b</sup>	23.99±0.56 <sup>a</sup>
<b>Harina de trigo</b>	93.13±0.57 <sup>a</sup>	0.45±0.07 <sup>d</sup>	10.35±0.09 <sup>b</sup>	1.53±0.01 <sup>a</sup>	10.36±0.09 <sup>c</sup>
<b>Hb-C 5%</b>	88.29±0.36 <sup>b</sup>	1.51±0.15 <sup>c</sup>	9.28±0.12 <sup>b</sup>	1.41±0.01 <sup>a</sup>	9.40±0.12 <sup>c</sup>
<b>Hb-C 10%</b>	83.82±0.75 <sup>b</sup>	2.49±0.15 <sup>b</sup>	10.17±0.2 <sup>b</sup>	1.33±0.01 <sup>a</sup>	10.47±0.25 <sup>c</sup>
<b>Hb-C 15%</b>	76.39±0.89 <sup>c</sup>	3.52±0.06 <sup>b</sup>	10.46±0.31 <sup>b</sup>	1.25±0.01 <sup>b</sup>	11.04±0.34 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

### 5.3. Análisis de color de corteza de panqués

El color de la corteza depende principalmente de la caramelización y las reacciones de Maillard, esta reacción puede acelerarse al haber un incremento en el contenido de proteínas de la formulación como se vio en los anteriores resultados del análisis químico proximal, donde mientras mayor fue la sustitución mayor fue el incrementó de proteínas, es por lo que en la tabla 3 se puede observar que los resultados en cuanto al color de corteza. Los valores de L disminuyen al aumentar la sustitución con harina de cuajilote. El color de la corteza del panqué control se encontró entre los rangos de color amarillo claro a amarillo medio, el color de corteza de las sustituciones se encontró en los rangos de color marrón claro a marrón oscuro conforme fue aumentando la sustitución (Calle *et al.*, 2020; Gularte *et al.*, 2012; Levent *et al.*, 2011).

Tabla 3. Análisis de color en corteza de los panqués

Harina	L*	a*	b*	h	c
<b>Control</b>	59.46±3.04 <sup>a</sup>	8.25±1.42 <sup>c</sup>	43.39±1.95 <sup>c</sup>	1.38±0.02 <sup>a</sup>	44.18±2.15 <sup>c</sup>
<b>5%</b>	42.09±3.26 <sup>b</sup>	13.15±1.35 <sup>b</sup>	50.28±2.23 <sup>b</sup>	1.32±0.02 <sup>b</sup>	51.98±2.37 <sup>b</sup>
<b>10%</b>	35.61±3.06 <sup>c</sup>	15.25±2.30 <sup>a</sup>	51.37±2.31 <sup>a</sup>	1.28±0.04 <sup>c</sup>	53.62±2.66 <sup>a</sup>
<b>15%</b>	29.86±2.87 <sup>d</sup>	16.11±1.33 <sup>a</sup>	47.42±2.42 <sup>b</sup>	1.24±0.04 <sup>c</sup>	50.11±2.02 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

### 5.4. Análisis de color de miga de panqués

El color de la miga puede mejorar al incorporar sustituciones de harinas como se puede ver en la tabla 4 en la sustitución al 10%, este fenómeno fue observado por Escobedo y

colaboradores en el 2019 cuando la sustitución de harina de trigo por harina de haba al 15% permitió obtener mejor color en la miga. El color de la miga del panqué control se encontró entre los rangos de color amarillo claro, siendo su valor de b positivo ( $42.39 \pm 5.42$ ), el color de miga de las sustituciones se encontró en los rangos de color marrón claro a marrón medio conforme fue aumentando la sustitución, esto es debido a que el valor de luminosidad disminuye y los valores de a que es el enrojecimiento no presenta diferencias significativas entre las sustituciones (Escobedo *et al.*, 2019).

Tabla 4. Análisis de color en miga de panqués

Harina	L*	a*	b*	h	c
<b>Control</b>	$37.06 \pm 13.22^a$	$6.05 \pm 2.47^b$	$42.39 \pm 5.42^b$	$1.43 \pm 0.06^a$	$42.89 \pm 5.35^a$
<b>5%</b>	$24.05 \pm 10.48^a$	$11.49 \pm 4.50^a$	$34.47 \pm 9.63^b$	$1.21 \pm 0.22^b$	$37.08 \pm 7.36^b$
<b>10%</b>	$40.02 \pm 4.61^a$	$9.07 \pm 0.84^a$	$43.51 \pm 2.40^b$	$1.37 \pm 0.01^a$	$44.45 \pm 2.48^a$
<b>15%</b>	$29.96 \pm 2.77^a$	$14.05 \pm 1.74^a$	$47.52 \pm 2.24^a$	$1.28 \pm 0.04^b$	$43.94 \pm 4.56^a$

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (n=5)

### 5.5. Análisis de perfil de textura de panqués

En la tabla 5 se puede observar los resultados del ATP para los panqués. El panqué que tuvo mayor dureza fue el control (14.06 N). En todos los tratamientos con sustitución de harina de cuajilote (*Parmentiera Edulis D.C.*) el parámetro de dureza tiene diferencias significativas, esto se puede explicar ya que al haber mayor contenido de proteína en los tratamientos hay una mayor absorción y retención de agua. La dureza es una característica importante de la calidad del pan y cualquier cambio suele afectar la frescura durante el almacenamiento, el aumento de la dureza puede ser el resultado de la pérdida de humedad en la miga o podría ser la retrogradación del almidón. El panqué con sustitución de 5% fue el que obtuvo mayor resiliencia y masticabilidad (0.26 y 5.57) lo que representa que necesitan un mayor trabajo para desintegrar las muestras de pan hasta para ser deglutido, y el panqué con 15% mostró mayor cohesividad y elasticidad (0.56 y 0.77) esto es debido a la disminución de la fuerza en los enlaces entre las fibras de la harina de cuajilote y la red de gluten, por lo que el pan demuestra mayor desmoronamiento al cortarlo o morderlo. Estos resultados también fueron observados por Escobedo y colaboradores en el 2019 cuando la sustitución de harina de trigo por harina de haba al 20% permitió obtener la mejor textura, aumentando la cohesividad y

resiliencia disminuyendo su deformación (Escobedo *et al.*, 2019; Álvarez *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2015).

Tabla 5. Análisis de perfil de textura de panqués

Harina	Dureza (N)	Resiliencia	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad
<b>Control</b>	14.06±1.11 <sup>a</sup>	0.21±0.02 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>b</sup>	0.75±0.04 <sup>a</sup>	5.17±0.68 <sup>a</sup>
<b>5%</b>	13.49±2.09 <sup>b</sup>	0.26±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.03 <sup>a</sup>	0.75±0.01 <sup>a</sup>	5.57±0.67 <sup>a</sup>
<b>10%</b>	11.13±1.42 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	0.54±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.04 <sup>a</sup>	4.49±0.67 <sup>b</sup>
<b>15%</b>	10.98±2.79 <sup>c</sup>	0.26±0.02 <sup>a</sup>	0.56±0.02 <sup>a</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	4.71±1.15 <sup>a</sup>

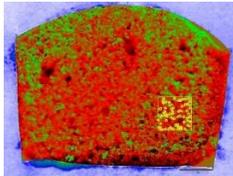
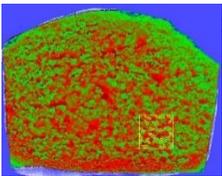
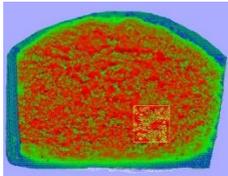
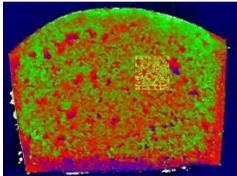
<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

### 5.6. Análisis de imagen del panqué

Los resultados del análisis de imagen se pueden observar en la Tabla 6. La calidad de la miga se determinó a través del número de alveolos de los panqués con sustitución de harina de trigo por harina de *Parmentiera Edulis D. C.*, siendo el área promedio de las celdas en los panqués de 10.02 mm<sup>2</sup> sin existir diferencias significativas entre ellos. En los resultados se observan diferencias estadísticamente significativas en el número de alveolos, siendo la muestra control con 58 y sustitución con 5% con 35 los de mayor cantidad de alvéolos, con una tendencia de disminución conforme aumenta la cantidad de harina de *Parmentiera edulis D. C.*, siendo la muestra con sustitución de 15%, la que presenta menor número de alvéolos con 18. En cuanto a los resultados obtenidos del área (mm<sup>2</sup>) y el perímetro de los alvéolos, las muestras con mayor sustitución presentaron los alvéolos de mayor tamaño, los panqués con 10% y 15% de sustitución reflejaron valores de 0.58 y 0.86 mm<sup>2</sup>, y 1.01 y 1.65 mm respectivamente. Esto puede deberse a que conforme aumenta la sustitución con harina de *Parmentiera Edulis D. C.*, aumenta la porosidad de las masas generada por la cantidad de fibra contenida en la harina, lo cual disminuye la retención de CO<sub>2</sub>. En cuanto a las imágenes de la miga, se observa que conforme se sustituye la harina de trigo, la miga es más compacta y cerrada en el centro, mientras que en los extremos los alvéolos son más prominentes y de formas variables, esto se puede ver fácilmente ya que los alveolos están representados de color verde, mientras que el resto del panqué donde no se han formado las cavidades de oxígeno se colorean de rojo. El número de alvéolos fue descrito por Upadhyay *et al.*, (2012)

señalando que la aireación depende de la velocidad que desarrolla la masa y el aire que suministra oxígeno para facilitar este desarrollo. Totosaus *et al.*, (2013) mencionan en su investigación de pan blanco con sustitución con *Lupinus* y *Jatropha*, que la interferencia en la formación de la red de gluten disminuye la expansión de células por la presión de gas durante la fermentación y la cocción.

Tabla 6. Análisis de imagen de panqué

	Control	5%	10%	15%
Área de celda (mm <sup>2</sup> )	10.02±0.03 <sup>a</sup>	10.01±0.03 <sup>a</sup>	10.01±0.02 <sup>a</sup>	10.02±0.01 <sup>a</sup>
Área de alveolos (mm <sup>2</sup> )	0.50±0.18 <sup>b</sup>	0.22±0.07 <sup>c</sup>	0.58±0.11 <sup>b</sup>	0.86±0.16 <sup>a</sup>
Número de alveolos	58±0.0 <sup>a</sup>	35±0.0 <sup>b</sup>	29±0.0 <sup>b</sup>	18±0.0 <sup>c</sup>
Perímetro de alveolos (mm)	0.90±0.9 <sup>b</sup>	0.69±0.15 <sup>c</sup>	1.01±0.11 <sup>b</sup>	1.65±0.07 <sup>a</sup>
				

<sup>abcd</sup>Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=3)

### 5.7. Análisis químico proximal de las harinas

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de la harina de trigo y de la harina de cuajilote. Estas determinaciones dieron como resultado que la harina de cuajilote contiene mayor % de cenizas y fibra (4.35 y 43.84), mientras que la harina blanca de trigo contiene mayor % de humedad, grasa, proteína y carbohidratos (13.67, 1.11, 9.10 y 75.3), observando así que existen diferencias significativas en todos los parámetros estudiados, donde las diferencias más evidentes se encuentran en cenizas y fibra, siendo este parámetro de vital importancia ya que el consumo de fibra en la alimentación diaria es fundamental para el adecuado funcionamiento intestinal, pero también ha demostrado ser un elemento primordial en la prevención de enfermedades como diabetes, cardíacas, etc. La organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere una ingesta de 40 gramos diarios por lo que es una excelente alternativa para el consumo de la harina de cuajilote en los productos de panificación.

Resultados similares fueron observados por Surco y colaboradores en 2010, cuando al analizar los componentes de la harina de sorgo vs la harina de trigo, obtuvieron como resultado que la harina de sorgo contenía menor humedad con 12.36%, y mayor contenido de cenizas y fibra con 2.11 y 2.33%. También concuerda con los resultados de la investigación de Vázquez y colaboradores en 2021 donde la sustitución de harina de trigo por harina de avena presentó diferencias significativas permitiendo obtener así una mayor cantidad de fibra lo que mejoró las características nutricionales del pan. También se obtuvieron resultados similares en la investigación de Mora y colaboradores en 2018 cuando sustituyeron harina de trigo con harina de cascara de piña, dando como resultado un incremento en las cenizas y la fibra (Vázquez *et al.*, 2021; Mora *et al.*, 2018; Surco *et al.*, 2010). Las diferencias encontradas en las propiedades de las harinas se pueden deber a diversos factores; en la humedad la variación en los resultados puede deberse a que la harina de cuajilote se secó un día antes de ser procesada en el análisis químico porque después de la molienda todavía presentaba humedad; las diferencias en el % de fibra pueden presentarse por que el fruto de *Parmentiera Edulis D. C.* contiene una gran cantidad de compuestos lignocelulósicos en su pulpa (65% aproximadamente); la diferencia en el % de proteína puede deberse a que en general las frutas presentan un aporte bajo de proteína, mientras que los cereales y leguminosas son ricos en proteínas vegetales, como el trigo que esta formado por un 85% de gluten.

Tabla 7. Análisis químico proximal de harinas

Harinas	Humedad %	Cenizas %	Grasa %	Fibra %	Proteína %	Carbohidratos %
<b>Cuajilote (<i>P. edulis</i>)</b>	3.03±0.01 <sup>b</sup>	4.35±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.0 <sup>b</sup>	43.84±0.10 <sup>a</sup>	5.00±0.01 <sup>b</sup>	43.01±0.10 <sup>b</sup>
<b>Harina de trigo</b>	13.67±0.07 <sup>a</sup>	0.66±0.01 <sup>b</sup>	1.11±0.0 <sup>a</sup>	0.10±0.0 <sup>b</sup>	9.10±0.31 <sup>a</sup>	75.33±0.30 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=3)

### 5.8. Análisis químico proximal de los panqués

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico proximal de los panqués control y los que tienen diferentes porcentajes de sustitución de harina de cuajilote (*Parmentiera Edulis D. C.*). Estas determinaciones dieron como resultado que el panque control contiene mayor porcentaje de humedad y grasa, con valores de 11.42 y 30.52%

respectivamente, mientras que los panqués con sustitución de la harina de cuajilote aumentan su contenido de cenizas (0.55-0.67%), fibra (0.21-0.74%) y proteína (5.86-6.39%), conforme aumenta el % de sustitución, por lo que el panqué con sustitución de 15% es el que contiene mayor porcentaje de cenizas, fibra y proteína; debido a esto se puede inferir que es la mejor formulación pues aumenta numéricamente la calidad nutricional de los panqués. En los resultados obtenidos se puede identificar que existieron diferencias significativas en los parámetros de humedad entre los panqués con 5 y 10%, así como en la fibra donde en todos los tratamientos existieron diferencias significativas. Comparado los resultados con los observados por Valverde y colaboradores en 2020, donde la sustitución de harina quinua y de cáscara de piña también proporcionó un mayor contenido de proteínas y fibra conforme aumentaba la sustitución en muffins. El aumento de proteínas en los panqués se puede deber a la presencia de diferentes aminoácidos en la harina de *Parmentiera edulis D. C.* que ayudan a la formación de puentes disulfuro, que favorecen la polimerización de las gluteninas, aumentando la cantidad de proteína en el producto horneado (Vázquez *et al.*, 2021; Valverde *et al.*, 2020).

Tabla 8. Análisis químico proximal de panqué

Panqué	Humedad %	Cenizas %	Grasa %	Fibra %	Proteína %	Carbohidratos %
<b>Control</b>	11.42±0.28 <sup>a</sup>	0.46±0.22 <sup>a</sup>	30.52±0.57 <sup>a</sup>	0.01±0.01 <sup>d</sup>	5.38±0.01 <sup>c</sup>	52.18±1.05 <sup>a</sup>
<b>5%</b>	11.18±0.43 <sup>ab</sup>	0.55±0.10 <sup>a</sup>	30.47±0.48 <sup>a</sup>	0.21±0.05 <sup>c</sup>	5.86±0.09 <sup>b</sup>	52.12±0.46 <sup>a</sup>
<b>10%</b>	11.04±0.23 <sup>ab</sup>	0.65±0.04 <sup>a</sup>	30.0±0.13 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>b</sup>	6.17±0.11 <sup>a</sup>	51.54±0.28 <sup>a</sup>
<b>15%</b>	10.76±0.15 <sup>a</sup>	0.67±0.06 <sup>a</sup>	29.89±0.85 <sup>a</sup>	0.74±0.04 <sup>a</sup>	6.39±0.21 <sup>a</sup>	51.52±0.88 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup>Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=3)

## 5.9. Análisis de compuestos bioactivos

### 5.9.1. Análisis de contenido de fenoles totales

Los resultados del contenido de fenoles totales en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo, se observan en la tabla 9, presentando diferencias significativas (P<0.05) en el contenido de compuestos fenólicos (50.20 mg AG/100 g) en comparación con la harina de trigo (2.17 mg AG/100 g). Estos resultados también fueron observados por Salinas en 2022 cuando la cantidad de compuestos fenólicos fue mayor (65.18 mg AG/100 g) en la harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Tabla 9. Contenido de fenoles totales en harina de *Parmentiera edulis D. C.* y harina de trigo.

Harina	mg ácido gálico / g muestra seca
<i>Parmentiera edulis D. C.</i> (Cuajilote)	50.20±0.25 <sup>a</sup>
Harina de trigo	2.17±0.023 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

En la tabla 10 se presentan los resultados de fenoles totales de los panqués, donde también existieron diferencias significativas (P<0.05) entre las sustituciones, aumentando la cantidad de fenoles totales conforme aumenta la sustitución. Los mejores resultados fueron para los panqués con el 15% de sustitución de harina de cuajilote con 455.96 mg AG/100 g. Este comportamiento también fue observado por Ek-Chulim y colaboradores en 2018, cuando al sustituir la harina de trigo por harina de chaya y moringa al 3 y 5% aumentaba su contenido de fenoles de 1.8 a 2.49 mg AG/100 g. También en lo descrito por Vargas y colaboradores en 2019, donde en estudios epidemiológicos llevados a cabo en la última década, sugieren que el consumo de frutas ricas en fibra, como el cuajilote, contribuye a una dieta rica en compuestos fenólicos, que está asociado a la disminución del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y enfermedades degenerativas (Vargas *et al.*, 2019; Ek-Chulim *et al.*, 2018).

Tabla 10. Contenido de fenoles totales en panqué

Panqué	mg ácido gálico / g muestra seca
Control	39.29±0.40 <sup>d</sup>
5%	195.87±0.58 <sup>c</sup>
10%	262.20±0.77 <sup>b</sup>
15%	455.96±1.17 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

### 5.9.2. Análisis de contenido de flavonoides

El contenido de flavonoides en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo se presentan en la tabla 11, donde se puede identificar que existen diferencias significativas (P<0.05) entre las harinas teniendo como resultado una mayor cantidad de flavonoides en la harina de cuajilote (105.14 mg equivalentes a quercetina/ g de muestra seca) en contraste con la harina de trigo (5.26 mg equivalentes a quercetina/ g de muestra seca). Esto puede

corresponder a que se procesó la cascara de la fruta junto con la pulpa para obtener esta harina, debido a que las cáscaras o pieles de las frutas contienen una variedad de ácidos hidrocínamicos (HCA), flavan-3-oles (monoméricos y oligoméricos), flavonoles y sus conjugados, dihidrochalconas y procianidinas. Estos resultados también fueron reportados por Moo y colaboradores en 2012 cuando la concentración promedio de flavonoides en limas con cáscara fue de 282.5 mg EQ/ g de residuo seco, que fue significativamente mayor en comparación con limas sin cáscara (Moo *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2006).

Tabla 11. Contenido de flavonoides en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo.

Harina	mg EQ / g muestra seca
<i>Parmentiera edulis D. C.</i> (Cuajilote)	105.14±0.34 <sup>a</sup>
Harina de trigo	5.26±0.02 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

En la tabla 12 se presentan los resultados de flavonoides de los panqués, donde también existieron diferencias significativas (P<0.05) en todas las sustituciones, aumentando los flavonoides conforme aumenta la sustitución, siendo el panqué al 15% el que contiene mayor cantidad (10.34 mg equivalentes a quercetina/ g de muestra seca). Estos resultados también fueron observados por Ventura-Canseco en 2018 cuando la sustitución con mayor % de harina de chaya fue la que obtuvo una cantidad ms alta de flavonoides (0.84±0.05 mg EqQ g<sup>-1</sup>).

Tabla 12. Contenido de flavonoides en panqué

Panqué	mg EQ / g muestra seca
Control	0.41±0.13 <sup>d</sup>
5%	2.38±0.08 <sup>c</sup>
10%	5.52±0.03 <sup>b</sup>
15%	10.34±0.12 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup> Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

## 5.10. Análisis de capacidad antioxidante

### 5.10.1. Capacidad antioxidante por el radical ABTS+ en las harinas

Los resultados de la capacidad antioxidante por el radical ABTS+ en las harinas de trigo y de cuajilote (*Parmentiera Edulis D. C.*) se encuentran en la tabla 13 donde se pueden observar

que se presentan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). En la harina de *Parmentiera Edulis D. C.* se obtuvo un resultado de 318.19  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra seca, mientras que la harina de trigo fue de 70.37  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra seca. Dziki y colaboradores en 2014, mencionan que la adición de extractos verdes o harinas de frutos, permite incrementar la actividad antioxidante del pan. Resultados parecidos fueron reportados por Ek-Chulim y colaboradores en 2018 cuando el pan al que se le adicionó harina de moringa y chaya aumentó la capacidad antioxidante, presentando un incremento de 42.7% comparada con la del pan control (Ek-Chulim *et al.*, 2018; Dziki *et al.*, 2014).

Tabla 13. Capacidad antioxidante (ABTS) en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo.

Harina	$\mu\text{Mol ETrolox/ g muestra seca}$
<i>Parmentiera edulis D. C. (Cuajilote)</i>	318.19 $\pm$ 2.22 <sup>a</sup>
Harina de trigo	70.37 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (n=5)

La evaluación con el radical libre ABTS en las formulaciones de pan con sustitución de harina de trigo por harina de *Parmentiera Edulis D. C.* presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), y mostró mayor capacidad antioxidante (ABTS+) en la sustitución de 15% (122.81  $\mu\text{mol Trolox/g}$  muestra seca), demostrando que la actividad antioxidante aumenta conforme aumenta la sustitución como se puede observar en la tabla 14. Resultados similares fueron obtenidos por Martínez-Castaño *et al.*, (2019) cuando la harina de snacks preparados con harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) demostró tener mayor inhibición del radical ABTS+ (13%) cuando se evaluó el que contenía mayor concentración de harina de yacón (20%).

Tabla 14. Capacidad antioxidante (ABTS) en panqué

Panqué	$\mu\text{Mol ETrolox/ g muestra seca}$
Control	51.56 $\pm$ 0.44 <sup>d</sup>
5%	92.22 $\pm$ 1.33 <sup>c</sup>
10%	102.37 $\pm$ 2.78 <sup>b</sup>
15%	122.81 $\pm$ 1.33 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup> Indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (n=5)

### 5.10.2. Capacidad antioxidante por DPPH EC<sub>50</sub>

Los resultados obtenidos en la determinación de capacidad antioxidante por DPPH en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo se muestra en la tabla 15, observando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la harina de *Parmentiera edulis D. C.*, inhibiendo el 82% del radical DPPH con 0.09g de muestra por cada 10 mL. Este comportamiento también fue observado por Rincón *et al.* (2005) cuando la harina de cáscara de toronja tuvo una inhibición de 56.36% a comparación de la harina de cáscara de naranja que solo obtuvo el 5.44%, lo que indica que las harinas de diversos frutos tienen actividad antioxidante significativa.

Tabla 15. Capacidad antioxidante (DPPH EC<sub>50</sub>) en harina de *Parmentiera Edulis D. C.* y harina de trigo.

Harina	Porcentaje de inhibición %
<i>Parmentiera edulis D. C.</i> (Cuajilote)	82.10±0.02 <sup>a</sup>
Harina de trigo	42.94±0.79 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) (n=5)

En la tabla 16 se exhibe la inhibición del radical DPPH en las sustituciones de los panqués con sustitución de harina de trigo por harina de *Parmentiera Edulis D. C.*, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en todas las formulaciones de pan, donde se observaron resultados donde a mayor % de sustitución mayor fue el % de inhibición, siendo que el panque control inhibe 1.83% del radical y el panque con 15% inhibe 48.27%. Resultados similares fueron reportados por Bhol *et al.* (2016) cuando se observó actividad antioxidante para panes elaborados con 15 % bagazo de granada (37%) en comparación con 5 % (10%) y panes control 0% (1%); el ensayo DPPH mide la potencialidad del extracto para donar hidrógeno al radical DPPH, lo que da como resultado la decoloración de la solución de DPPH. Cuanto mayor es la acción de desvanecimiento, mayor es la actividad antioxidante que se ve. Los datos de eliminación de DPPH sugieren que extracto de las harinas es capaz de eliminar los radicales libres, evitando así el comienzo y la proliferación de reacciones en cadena mediadas por radicales libres. Esto puede ser beneficioso en la conservación de los alimentos, donde estas reacciones dan como resultado la oxidación de lípidos y el consiguiente deterioro de los productos (Bhol *et al.*, 2016).

Tabla 16. Capacidad antioxidante (DPPH EC50) en panqué

Panqué	Porcentaje de inhibición %
Control	1.83±0.04 <sup>d</sup>
5%	33.74±0.26 <sup>c</sup>
10%	40.11±0.19 <sup>b</sup>
15%	48.27±0.47 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup>Indican diferencias significativas (P<0.05) (n=5)

### 5.11. Análisis sensorial del panqué

En la tabla 17 se pueden observar los resultados del análisis sensorial de los panqués con sustitución de harina de *Parmentiera Edulis D. C.* En el atributo de color se encontró que si existen diferencias significativas entre las formulaciones. El color que obtuvo el mayor grado de aceptación fue el control, seguido del panqué con sustitución del 5%.

En cuanto al olor, sabor y textura, no se presentaron diferencias significativas entre las formulaciones, por lo tanto, estos atributos fueron aceptados sensorialmente por los consumidores ya que dentro de la escala tuvieron valores de entre 4-5. Como se puede observar en el cuadro 4, la muestra con sustitución del 5% tuvo mayor nivel de agrado, ya que en los 4 atributos estudiados fue la que obtuvo mayor popularidad entre los consumidores, aunque no fue lo suficiente para que hubiera diferencias significativas entre las demás sustituciones en los atributos de olor, sabor y textura.

Tabla 17. Análisis sensorial de los panqués

Formulaciones	Atributos evaluados			
	Color	Olor	Sabor	Textura
Control	4.54065 <sup>a</sup>	4.14349 <sup>a</sup>	3.8578 <sup>a</sup>	4.20467 <sup>a</sup>
5%	4.04751 <sup>b</sup>	4.50514 <sup>a</sup>	4.33336 <sup>a</sup>	4.2695 <sup>a</sup>
10%	3.86969 <sup>c</sup>	4.18217 <sup>a</sup>	4.03443 <sup>a</sup>	3.90934 <sup>a</sup>
15%	3.48789 <sup>c</sup>	4.26058 <sup>a</sup>	4.01814 <sup>a</sup>	3.78435 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Indican diferencias significativas (P≤0.05) (n=120)

## 6. CONCLUSIONES

- En los análisis bromatológicos se puede comprobar que la harina de *Parmentiera Edulis D. C.* tiene un alto valor nutricional debido a su alto contenido de fibra de 43.84% y cenizas de 4.35%, que al sustituir parcialmente a la harina de trigo, produce un aumento en las propiedades nutrimentales de los panqués, logrando reducir numéricamente el porcentaje de grasa en el panqué conforme sube la cantidad de sustitución de 30.52% hasta 29.89% y hay un aumento en cuanto a la cenizas de 0.46% a 0.67%, fibra de 0.01% a 0.74% y proteína de 5.38% a 6.39%.
- El color tanto en corteza como miga aumenta conforme a la incorporación de la harina de cuajilote, ya que se acelera la reacción de Maillard debido al incremento de proteína.
- La adición de la harina de *Parmentiera Edulis D. C.* mostró características de mejoramiento de perfil de textura, disminuyendo la dureza de 14.06 a 10.98 y aumentando los valores de resiliencia de 0.21 a 0.26, cohesividad de 0.49 a 0.56, elasticidad de 0.75 a 0.77 y masticabilidad de 5.17 a 5.57, conforme se aumentó el % de sustitución de harina, este mejoramiento en la textura del pan puede ser un indicador importante de frescura y calidad para el consumidor, ya que es un factor esencial para la aceptación del producto en el mercado.
- Debido a que en los resultados del análisis sensorial no existieron diferencias significativas en los atributos de olor, sabor y textura, se puede concluir que hay aceptación sensorial de los panqués, lo que garantiza la preferencia del consumidor con cualquier formulación realizada.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

A.A.C.C. (2000). American Association of Cereal Chemist (8th ed. ed.). St.Paul: The Association.

A.A.C.C. (2003). American Association of Cereal Chemist (8th ed. ed.). St.Paul: The Association.

Abosbora, W., Lianfu, Z., Dahir, M., Qingran, M., Musa, A., Gasmalla, M. A., y Khamis, A.O. (2016). Influence of doum (*Hyphaene thebaica* L.) flour addition on dough mixing properties, bread quality and antioxidant potential. *Journal Food Science and Technology*, 53 (1), 591-600.

Abud-Archila, M., E.-C., A. R. 1.; Ventura-Canseco, L. M. C. 1\*; Álvarez-Gutiérrez, P. E. 1.; Gutiérrez-Miceli, F. A. 1.; (n.d.). VEGAN BREAD ADDED WITH *Lactobacillus plantarum* BAL-03-ITTG AND FLOUR OF *Crotalaria longirostrata*, *Cnidisculus aconitifolius* AND *Moringa oleifera*. *Agroproductividad*, 11(7).  
<https://core.ac.uk/download/pdf/249320706.pdf>

Alkarkhi, A. F. M., Ramli, S. B., Yong, Y. S., & Easa Azhar Mat. 2010. Physicochemical properties of banana peel flour as influenced by variety and stage of ripeness: multivariate statistical analysis. *As. J. Food Ag-Ind.* 3(03), 349-362.

Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E.K., y Gallagher, E. (2010). Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230, 437-445.

Álvarez-Olivera, P. A., Calzada-Almas, E., & Batista-Cruz, C. (2010). Etnobotánica y propagación de *Parmentiera edulis* D. C., árbol de uso múltiple en Cuba. *Revista Forestal Baracoa*, 29, 77–86.

Andrade-Cetto, A., & Heinrich, M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(3), 325–348.  
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.019>

Anhwange, B. A., Ugye, T. J., & Nyiaatagher, T. D. (2009). Chemical composition of *Musa sapientum* (Banana) peels. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 8, pp. 437-442.

Anzaldúa, M. (2005). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

AOAC. (2019). *Official methods of analysis of AOAC international (15th ed.)*. Gaithersburg, MD: Author.

Arendt, E.K. y Zannini, E. 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing, UK. 518 p.

Arone, H. D. (2015). Tesis "Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium willd*) y chia (*Salvia hispanica* L.). Andahuaylas– Perú: Universidad Nacional José María Arguedas, Ingeniería Agroindustrial.

Baños, E.B. (2007). Tesis "Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble". Tulancingo, Hidalgo: UAEH, ICAP.

Belghith, L.F., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz, S.C., y Ghribi-Aydi, D. (2016). Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 1-34.

Bhol, S. (2015, November 18). *Quality characteristics and antioxidant properties of breads incorporated with pomegranate whole fruit bagasse*. SpringerLink. Retrieved September 28, 2022, from [https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-015-2085-8?error=cookies\\_not\\_supported&code=f018e5d4-c3e1-4862-a059-5a6ef6270002](https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-015-2085-8?error=cookies_not_supported&code=f018e5d4-c3e1-4862-a059-5a6ef6270002)

Bhol, S., Lanka, D. y Don Bosco S.J. (2016). The quality characteristics and the antioxidant properties of the breads are incorporated with all the pomegranate fruit bagasse. *Journal of Food Science and Technology*. 53 (3): 1717-1721.

Biedma, M. (2020). Discriminación visual del color. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sevilla, España.

Bond, J., Donaldson, L., Hill, S., & Hitchcock, K. (2008). Safranin fluorescent staining of wood cell walls. *Biotechnic and Histochemistry*, 83 (3–4), 161–171. <https://doi.org/10.1080/10520290802373354>

Brand-Williams, Cuvelier, M.E., y Berset, C.L. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28 (1), 25-30.

Calderón, V. G., & Noriega, V. E. (2017). Obtención de harina de los residuos de frutas. *Revista de La Universidad de Guayaquil*, 09(2), 50–78. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18336/1/401-1232%20-%20Obtenci%C3%B3n%20de%20harina%20de%20los%20residuos%20de%20frutas.pdf>

CANAINPA. (2022). Cámara Nacional de la Industria Panificadora.

Casoti, R., Manfron, M. P., & de Oliveira, J. M. S. (2016). Ovary and fruit morphology and anatomy of *Amphilophium crucigerum*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 26, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.08.006>

Casp, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal (Vol. 2). España: SÍNTESIS S.A.

Chacha, A.F. (2016). Importancia de los principales métodos analíticos de control de calidad en el análisis bromatológico. Machala: Universidad Técnica de Machala. pp:1-3.

Chaquilla-Quilca, G., Balandrán Quintana, R. R., Mendoza-Wilson, A. M., & Mercado-Ruiz, J. N. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *CienciaUAT*, 12(2), 137. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.883>

Chaquilla-Quilca, G., Balandrán-Quintana, R., Mendoza-Wilson, A., & Mercado-Ruiz, J. (18 C.E.). Properties and application possibilities of wheat bran proteins. *Biotechnología Y Ciencias Agropecuarias*, 12(2). <https://www.redalyc.org/journal/4419/441955208011/html/>

Chavarría, M. (9 de Junio de 2016). Propiedades sensoriales de los alimentos. Recuperado Enero de 2022, de Consumer/Seguridad alimentaria: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/propiedades-organolepticas-de-los-alimentos.html>

Chirán, G. (2015). "Estudio del comportamiento de la harina de papanabo (*Brassica rapa* var. Purple Top White Globe) como sustituto parcial de la harina de trigo y su influencia en la elaboración de pan común". Informe de Investigación, Tulcán.

Chlopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A., y Zagrodzki, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *Food Science and Technology*, 46, 548-555.

Cobo, G., Quiroz, M., y Santacruz, S. (2013). Sustitución parcial de trigo (*Triticum aestivum*) por zanahoria blanca (*Arracacia*). *Avances en Ciencia e Ingeniería*, 5(2).

CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In *Capital Nat. México*. CONABIO, Mexico City.

De la Cruz, W. (2009). Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil. Universidad Nacional Agraria La Molina.

De la Vega, G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13 (38), 27-32.

De Oliveira Alves Sena, E., da Silva, P. S. O., de Araujo, H. G. S., de Arag~ao Batista, M. C., Matos, P. N., Sargent, S. A., Carnelossi, M. A. G. (2019). Postharvest quality of cashew apple after hydrocooling and cold room. *Postharvest Biology and Technology*, 155, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.002>

Delgado-Andrade, C., Conde-Aguilera, J.A., Haro, A., Pastoriza de la Cueva, S., y Rufián-Henares, J.A. (2010). A combined procedure to evaluate the global antioxidant response of bread. *Journal of Cereal Science*, 52, 239-246.

Díaz, M.A. (2013). Efecto de la incorporación de fibras dietéticas en la calidad de panes para celíacos. *Tecnología de los Alimentos*,1(1),1-25.

Dlir Amin Sabir 2018. Evaluation of physiochemical and rheological properties of some local wheat cultivars and their relationships to baking characteristics. *Journal of Zankoy Sulaimani - Part A, 2ndInt.Conf.AGR(Special Issue)*, 7–14. <https://doi.org/10.17656/jzs.10647>

Dziki D., Rózyło R., Gawlik-Dziki U., Swieca M. 2014. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science and Technology* 40: 48-61.

Eshak, N. S. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. *Annals of Agricultural Science*, 61(2), 229–235.

Espino, S. (2015). Elaboracion de pan blanco de caja y pan dulce tipo concha libre de gluten utilizando harina pregelatinizada de oxalis tuberosa. *Tulancingo-Hidalgo*.

Faridi H 1990. *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Editotial American Association Cereal Chemistry; St. Paul M.N.

Galanakis, C.M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26, 68-87.

Gluten. Características, propiedades y usos. (2019). CERERE INNOVATION. [http://cerere2020.eu/wp-content/uploads/2019/11/12\\_ES.pdf](http://cerere2020.eu/wp-content/uploads/2019/11/12_ES.pdf)

Guadarrama-Lezama, A.Y., Carrillo-Navas, H., Vernon-Carter, E.J., y Alvarez-Ramirez, J. (2016). Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural features of bread obtained from nixtamalized corn/wheat flour blends. *Journal of Cereal Science*, 69, 158-165.

Güemes-Vera, N., González-Victoriano, L., Soto-Simental, S., Hernández- Chavez, J.F., Reyes-Santamaria, M.I. (2014). Mechanical properties of cottage cheese-fortified wheat dough and loaf bread. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2797-2802.

Hensperger, Beth; Chuck Williams, Noel Barnhurst (2002). *Bread* (en inglés) (1.ª edición). Simon & Schuster Source.

Hernández, G., y Majem, S. (2010). *Libro Blanco del Pan*. (págs.39-43) España: Médica Panamericana.

Hernández-Hernández, H. M., Chanona-Pérez, J. J., Calderón-Domínguez, G., Perea-Flores, M. J., Mendoza-Pérez, J. A., Vega, A., Farrera-Rebollo, R. R. (2014). Evaluation of agave fiber delignification by means of microscopy techniques and image analysis. *Microscopy and Microanalysis*, 20(5), 1436–1446. <https://doi.org/10.1017/S1431927614012987>

Hernao, S., & Aristizábal, J. (2009). Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. *Revista Ingeniería e Investigación*, 39-46.

Hosseney C.R. 1994. *Principles of Cereal Science and Technology*. Ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA. Pp.512-533.

ISBN: 978-9942-40-451-0

L.M.C. Ventura-Canseco. (2018a). PAN VEGANO ADICIONADO CON *Lactobacillus plantarum* BAL-03-ITTG Y HARINA DE *Crotalaria longirostrata*, *Cnidiscus aconitifolius* Y *Moringa oleifera*. *Agro Productividad*, 11(7).

Lai, W.T., Khong, N.M., Lim, S.S., Hee, Y.Y., Sim, B.I., Lau, K.Y., y Lai, O.M. (2017). A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 148-160.

Larousse Editorial, González, P. J. M., & Morros, E. I. (2019). *Larousse Gastronomique en español* (edición 1 ed., Vol. 1). Larousse. <https://laroussecocina.mx/libro/el-pequeno-larousse-gastronomique-en-espanol/>

Leao, D.P., Franca, A.S., Oliveira, L.S., Bastos, R., y Coimbra, M.A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153.

Loja, M.J.G. (2015). Tesis "sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum* spp) por la harina de banano (*musa cavendish*), y su influencia en las características reológicas de la masa (elasticidad y tenacidad) para la elaboración de pan común". Machala el oro, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.

López-Palestina, C.U., López-Duran, M.C., Gutiérrez-Tlahque, J., Arenales-Sierra, I.M., Laureano-López, B., Vargas-Torres, A., y Hernández-Fuentes, A.D. (2016). Efecto del uso de biopelículas sobre calidad poscosecha de tomate nativo "ojo de venado" (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (2), 405-411.

Luisa Fernanda Castillo Hernández, María de la Luz Sánchez Mundo, Víctor Rayo García, Selene García Nieves, María Esther González Miguel, Abril Ramírez Higuera. (2019). Sustitución de la harina de trigo por harinas compuestas e ingredientes funcionales para la elaboración de panes libres de gluten. *Revista Mexicana De Agroecosistemas*, 6(2). ISSN: 2007-9559

M. Bueno Lozano, L.A. Moreno Aznar, & M. Bueno Sanchez. (2018a). Pan, cereales integrales y salud. *Boletín De La Sociedad De Pediatría De Aragón, La Rioja Y Soria*, 49(2), 49–53.

Magalhaes, D. S., Ramos, J. D., Pio, L. A. S., Vilas Boas, E. V. d. B., Pasqual, M., Rodrigues, F. A., ... Santos, V. A. d. (2019). Physical and physicochemical modifications of white-fleshed pitaya throughout its development. *Scientia Horticulturae*, 243, 537–543. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.029>

Mansilla, P. S., Nazar, M. C., & Pérez, G. T. (2019). Evaluation and comparison of protein composition and quality in half-sib families of opaque-2 wheat from Argentina. *AgriScientia*, 36(1), 39. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v36.n1.22682>

Martín, E., De Mateo, B., Miján, A., Pérez, A., Redondo, P., & Saénz, I. (2007). Pan y cereales. Dirección General de Salud Pública y Alimentación, 145.

Martínez-Castaño, M., Contreras-Calderon, J., & Gallardo-Cabrera, C. (2019). Índice Glucémico in vitro, Contenido fenólico y Actividad Antioxidante de Snacks Elaborados con Harinas de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Información Tecnológica, 30(5), 111–120. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500111>

Martínez-Torres, Z., & Diego-Pérez, N. (2021). Flora de Guerrero. Bignoniaceae. In U. Facultad de Ciencias (Ed.), Flora de Guerrero (1<sup>st</sup> ed.). Mexico: Las prensas de ciencias.

Mezas, J., y Alegre, M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. Ciencia y tecnología Alimentaria, 3(5).

Moo, M., Vargas, L., Cuevas, L., Moo, V., Sauri, E. (2012). Evaluación del contenido de flavonoides totales en residuos cítricos. Memorias en extenso del VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica y X Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. Ixtapa-Zihuatanejo, México.

Morillas-Ruiz and Delgado-Alarcón. 2012. Análisis Nutricional de Alimentos Vegetales Con Diferentes Orígenes: Evaluación de Capacidad Antioxidante y Compuestos Fenólicos Totales. Nutrición Clínica y Dieta Hospitalaria. 32(2):8–20.

*Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales / Situación Alimentaria Mundial / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* (2021, October 7). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved November 3, 2021, from <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>

Oliver, W. C., & Pharr, G. M. (1992). An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. Materials Research Society, 7(6), 1564–1583. <https://doi.org/10.1557/jmr.1992.1564>

Ordoñez, J., Cambero, I., Fernández, L., García, L., De la Hoz, L., & Selgas, D. (1998). Tecnología de alimentos. Madrid-España: Síntesis.

Paredes, M. (29 de enero de 2016). Atributos sensoriales del pan, la importancia de la cata. Recuperado el 2019, de <https://elpanaderoerrante.wordpress.com/2016/01/29/atributos-sensoriales-del-pan-la-importancia-de-la-cata/>

Pascual, C.G., y Zapata, H.J. (2010). Sustitución parcial de Harina de Trigo (*Triticum aestivum* L.) por Harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), usando el Método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Revista Sociedad Química del Perú*, 76 (4), 377-388.

Ponce, F. C. (2018). Características fisicoquímicas, sensoriales y bioactivas del pan de trigo sustituido parcialmente con harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (Tesis doctoral). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima Perú.

Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la Producción de Pasta Larga. *Información Tecnológica*, 29(2), 195–204. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200195>

Poquioma, C. (2016). Influencia De La Sustitución Parcial De Oxalis Tuberosa "Oca" Por Harina De Trigo, Para La Elaboracion De Pan Tipo Frances.

Rader I.J., Weaver M.C. and Angyal G. 2000. Total Folate in Enriched Cereal-Grain Products in the United States following fortification. *Food Chemistry* 70(3):275- 289.

Raman, V., Budel, J. M., Zhao, J., Bae, J. Y., Avula, B., Osman, A. G., Khan, I. A. (2018). Microscopic characterization and HPTLC of the leaves, stems and roots of *Fadogia agrestis* – An African folk medicinal plant. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 28, 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.07.006>

Ramírez-Navas, J.S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. (págs:87-92). Colombia: Editorial ReCiTeLA.

Rincón Alicia M., Vásquez, A. Marina, Padilla, Fanny. C. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cascaras de naranja (*citrus sinensis*), mandarina (*citrus reticulata*) y toronja (*citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos*

Latinoamericanos De Nutrición, 55(3). [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222005000300013&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222005000300013&script=sci_arttext)

Rodríguez, M. R., Picinelli, L. A., & Suárez, V. B. (2006). Phenolic profile of Asturias (Spain) natural cider. Schlesier, K., Harwat, M., Bohm, V., & Bitsch, R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, 36(2), 177-187.

Ronald, S., Ronald, S., & Harold, E. (1996). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. México: Continental.

Salinas Tuanama, Lila Rosa. (2022). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en muffins. *Revista De La Universidad Privada Antenor Orrego*, 2(1).

Sánchez, C. (2013). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca en el pan suave.

Sanchez, J. (11 de Septiembre de 2015). Novalife. Recuperado en Septiembre de 2021, de ¿Qué diferencia hay entre el pan blanco, el integral y el de grano entero?: [https://www.antena3.com/novalife/recetas-cocina/que-diferencia-hay-pan-blanco-integral-grano-entero\\_2015091157da90a30cf251f2ac12a388.html](https://www.antena3.com/novalife/recetas-cocina/que-diferencia-hay-pan-blanco-integral-grano-entero_2015091157da90a30cf251f2ac12a388.html)

Sánchez, W., & Murillo, E. (Diciembre de 2010). POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE TRES FRUTAS. Obtenido de <file:///C:/Users/Luis%20Felipe/Downloads/DialnetPotencialAntioxidanteDeResiduosAgroindustrialesDeT-4539611.pdf>

Sciarini, L.S., Steffolani, M.E., y León, A.E. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *AGRISCIENTIA*, 33 (2), 61-74.

Segal, L., Creely, J. J., Martin, A. E., & Conrad, C. M. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile Research Journal*, 29(10), 786–794. <https://doi.org/10.1177/004051755902901003>

Serna-Saldivar, S. O., & Espinosa-Ramírez, J. (2019). Grain Structure and Grain Chemical Composition. *Sorghum and Millets*, 85–129. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811527-5.00005-8>

Shafiq, et al., 2017. Evaluation of Phytochemical, Nutritional and Antioxidant Activity of Indigenously Grown Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* Lam). *Journal of Scientific Research*. 9(1):135–43.

Sharma, S.K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A.K., Gupta, R.K., y Mangal, A.K. (2016). Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (10), 1647-1661.

Siddhuraju, P., y Becker, K. (2007). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101 (1), 10-19.

Torres-Oblitas, K., Sancho, A. M., & Gozzi, M. S. (2018). Caracterización Físico-Química De Harina Obtenida A Partir De Cascaras De Banana (*Musa Paradisiaca*) Y Su Aceptabilidad En Budines Sin Gluten/Physicochemical characterization of peel banana flour (*Musa paradisiaca*) and its acceptability in gluten-free puddings. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 28(2). <https://link.gale.com/apps/doc/A636225243/AONE?u=anon~9f5bb658&sid=googleScholar&xid=f8fed043>

Totosaus, A., López, H., & Güemes, N. (2013). Effect of lupinus (*Lupinus albus*) and jatropha (*Jatropha curcas*) protein concentrates on wheat dough texture and bread quality: optimization by AD- Optimal mixture design. *Journal of texture studies*, 1745-4603.

Türker, B., Savlak, N., Berkel, K. M. (2016). Effect of green banana peel flour substitution on physical characteristics of gluten-free cakes. *Curr. Res.Nutr Food Sci Jour.*, 4(2), 197-204.

Upadhyay, R., Debjani, G., y Mehra, A. (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 109, 104-113.

Upadhyay, R., Debjani, G., y Mehra, A. (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 109, 104-113.

Vargas y Vargas, María de Lourdes; Figueroa Brito, Héctor; Tamayo Cortez, Jorge Abraham; Toledo López, Víctor Manuel; Moo Huchin, Víctor Manuel. (n.d.). *Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos*. Ciencias Naturales Y Agropecuarias. <https://Dialnet-AprovechamientoDeCascarasDeFrutas-7069669>

Vázquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., Grau, R., & Casillas, R. (2017). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre las propiedades reológicas de la masa, texturales y sensoriales del pan. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 19-26.

Vicente-Flores, M., Güemes-Vera, N., Chanona-Pérez, J. J., Perea-Flores, M. D. J., Arzate-Vázquez, I., Quintero-Lira, A., & Sánchez-Fuentes, C. E. (2020d). Study of cellular architecture and micromechanical properties of cuajilote fruits (*Parmentiera edulis D.C.*) using different microscopy techniques. *Microscopy Research and Technique*, 84(1), 12–27. <https://doi.org/10.1002/jemt.23559>

Villareyna Ruiz, F. B., Roda Zeledón, H. J., & López Rugama, F. Y. (2019). Harina de plátano (*MUSA PARADISIACA L.*) en combinación con harina de maíz, para la elaboración de tortillas. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 8(1), 10–21. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v8i1.8610>

Weegels P.L.; Hamer R.J.; Schofield J.D. 1996. Critical Review: Functional Properties of Wheat Glutenin. *Journal Cereal Science*. 23:1-18.

Wu, D., & Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5– 20. [doi:10.1016/j.tifs.2012.08.004](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004).

Wuletaw Tadesse, Miguel Sanchez-Garcia, Solomon Gizaw Assefa, Ahmed Amri, Zewdie Bishaw, Francis C. Ogonnaya, Michael BaumGenetic. Gains in Wheat Breeding and Its

Role in Feeding the World. (2019). *Crop Breeding, Genetics and Genomics*. <https://doi.org/10.20900/cbagg20190005>

Yadira Alejandra Morejón; Terán Diana Gabriela; Camarillo Elizalde Verónica Carlina; Delgado López Tomás Marcelo; Nicolalde Cifuentes. (2021). *Nutrición basada en la evidencia, paradigma científico moderno* (17th ed., Vol. 2).

Zhishen J., Mengcheng T. y Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 64: 555-559.