

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE TEOSINTE (*Dioon mejiae*)
SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS, MICROBIOLÓGICAS Y
SENSORIALES EN PANIFICACIÓN**

POR:

CARLOS JOSÉ RIVERA OLIVERA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

MAYO, 2023

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE TEOSINTE (*Dioon mejiae*) SOBRE
LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES EN
PANIFICACIÓN

POR:

CARLOS JOSÉ RIVERA OLIVERA

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES M. Sc
Asesor principal:

WITOON PRINYAWIWATKUL PhD
Asesor LSU AgCenter USA

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

MAYO, 2023

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Arely Dovary Olivera Pagoada por ser mi mayor inspiración, el motor que me impulsa a seguir adelante y no estancarme en el tiempo; porque sin sus consejos y oraciones, no estaría escribiendo estas palabras que plasman el final de la más grande meta que me he propuesto, porque ella hizo de mí el hombre que soy hoy, porque por su memoria estoy brillando en la academia.

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor y Padre “**DIOS**” porque ni una hoja de un árbol de mueve sino es por su gracia y es por su gracia que respiro, es por gracia que veo, es por su gracia que pienso, es por su infinita gracia y misericordia que he llegado a este punto de mi vida y el tiempo se ha quedado corto para esta aventura.

A mi madre **Arely Dovary Olivera** porque nunca me abandono ni me dejo solo en ningún momento de mi vida, porque ella me enseñó que es el amor, el esfuerzo y los valores que hoy me han llevado a conocer lugares que nunca imagine conocer; porque sin ella, hoy no habría otro ingeniero agrónomo en el país.

A mi padre **Carlos Isaac Rivera** porque me ha enseñado con buen ejemplo a ser un hombre de bien, porque me ha demostrado que nunca me dejara solo, siempre está presente cuando lo necesito y sin su amor, apoyo y consejos, este logro no sería posible.

A **Keyli Michelle Herrera** por acompañarme desde hace muchos años en esta aventura llamada vida, por ser mi mejor amiga, confidente y por estar presente siempre.

A mi tía **Jisarlíe Olivera**, por su apoyo constante y consejos sabios, por no dejarme solo y estar siempre pendiente de mí, por salvarme muchas veces a la distancia con llamadas cálidas en inviernos internos.

A mi vecina eterna, **Elsa Rodríguez**, por hacer en mi vida el papel de una segunda madre. Porque su apoyo, cariño y tiempo que me ha dado y dedicado han sido promotores de crecimiento en muchos ámbitos de mi vida. Porque sin sus consejos no sería la persona que soy hoy.

A mis hermanos, **Wendy Xiomara, Cira Ivon, Carlos David, Anyelo Fabian y Karla Isabela**. Simplemente les agradezco por ser mis hermanos y mis mejores amigos, por las risas que me regalan, por las veces que me escuchan, por no abandonarme cuando más los he necesitado, porque sin ellos, estaría solo en este mundo.

A mi alma mater **Universidad Nacional de Agricultura** por abrirme las puertas del conocimiento y el mundo profesional que con mucho miedo entre, pero del cual me enamore. Por ser no solo mi segunda casa, sino también mi segundo hogar.

A mis asesores **Jhuniar Marcia, Javier Betancourt y Yoni Antúnez** por dedicarme tiempo y compartir sus conocimientos conmigo.

A **Ricardo Santos Aleman PhD**, por ser un desconocido que me extendió la mano sin saber quién era, por ser de quien aprendiera tanto en esta investigación, por sus consejos preciados y apoyarme en todo lo que estaba a su alcance.

A **Witoon Prinyawiwatkul PhD**, por ser un gran profesor y más que eso una inspiración de crecimiento personal, profesional y espiritual, por enseñarme un poco de lo mucho que sabe, por enseñarme también que el trabajo duro paga de manera maravillosa si nos esforzamos y ponemos nuestra mente y empeño en nuestras metas.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general:.....	3
2.2 Objetivos específicos:.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
3.1 Pregunta problema	4
3.1.1 Hipótesis nula (H_0)	4
3.1.2 Hipótesis alternativa (H_a).....	4
IV. REVISIÓN LITERARIA.....	5
4.1. Teosinte (<i>Dioon mejiae</i>)	5
4.1.1 Composición nutricional del teosinte	7
4.2. Reología	7
4.3. Microbiología.....	8
4.4. Evaluación Sensorial.....	8
4.5. Humedad	9
4.5.1 Humedad en las harinas.....	9

4.5.2	Importancia de la humedad en las harinas	9
4.5.3	La temperatura en la determinación de la humedad.....	10
4.6.	Tamaño de partícula (Granulosidad o granulometría)	10
4.7	Sustitutos de harinas y aditivos funcionales alternativos y tecnología aplicada a productos sin gluten	10
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1	Ubicación de experimentación.....	12
5.2	Materiales y equipo	12
5.3	Metodología de investigación	14
	Fase I. Caracterización de materia prima y elaboración de harina de teosinte	14
5.3.2	Análisis granulométrico	15
	Fase II Formulación y elaboración del producto.....	15
5.3.3	Elaboración de la galleta.....	15
	Fase III Evaluación y análisis sensorial para la optimización de la formula	16
	Fase IV Determinar la composición físico-química y microbiológica de la galleta.	17
5.3.4	Textura	18
5.3.5	Viscosidad	18
5.3.6	Humedad	18
5.3.7	Actividad de agua (A_w).	19
5.3.8	Colorimetría	19
5.3.9	Microbiología	19
5.4	Análisis e interpretación estadístico.....	19
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	20
6.1	Análisis sensorial	20
6.1.1	Aceptación de galletas de harina de teosinte.....	21

6.1.2 Resultados de la escala hedónica de 9 puntos	22
6.2 Características de la composición química	23
6.2.1 Contenido de humedad.....	23
6.2.3 Actividad de agua (A_w).....	24
6.3.4 Colorimetría	25
6.4 Microbiología.....	26
6.5 Textura	27
6.6 Nivel de viscosidad de la harina.	28
VII. CONCLUSIONES	29
VIII. BIBLIOGRAFÍA	30
IX. ANEXOS.....	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Dioon mejiae</i>	6
Tabla 2. Sustitutos de harinas y aditivos funcionales alternativos y tecnología aplicada a productos sin gluten	10
Tabla 3. Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación	12
Tabla 4. Distribución de ingredientes de mezcla	16
Tabla 5. Métodos para analizar la composición fisicoquímica	17
Tabla 6. Métodos de la composición química	17
Tabla 7. Métodos para evaluar la microbiología del producto	18
Tabla 8. Porcentaje de aceptación de galletas de harina de teosinte por 175 jueces de tipo afectivos	22
Tabla 9. Escala hedónica de 9 puntos	23
Tabla 10. Resultados del contenido de humedad	23
Tabla 11. Resultados de la actividad de agua	24
Tabla 12. Color L * (luminosidad-oscuridad)	25
Tabla 13. Color a * (rojo a verde)	25
Tabla 14. Color b * (Amarillo a azul)	26
Tabla 15. Número total de colonias en las muestras	26
Tabla 16. Medias de análisis de dureza de las galletas	27

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.....	34
Anexo 2.....	34
Anexo 3.....	35
Anexo 4.....	35
Anexo 6.....	35
Anexo 5.....	35
Anexo 8.....	35
Anexo 7.....	35
Anexo 9.....	35
Anexo 10.....	35
Anexo 11.....	35
Anexo 12.....	35
Anexo 13.....	35

RESUMEN

El teosinte (*Dioon mejiae*) es un alimento silvestre que sirve de complemento a la dieta basada en maíz y frijoles (Bonta *et al.*, 2006). El teosinte proporciona almidón, harina o sagú que es un glúcido extraído de las semillas (Arévalo *et al.*, 2015). Contiene azúcares, ácidos grasos, aminoácidos, proteínas, minerales y fibras (Bastias-Montes *et al.*, 2020). Sin embargo, existe muy poca investigación sobre esta planta endémica de Honduras. Es por eso que se planteó evaluar las propiedades reológicas, microbiológicas y principalmente las propiedades sensoriales de productos hechos a base de la harina de teosinte. Se realizaron análisis reológicos de viscosidad de la harina mediante un Rapid Visco Analyzer (RVA). El análisis microbiológico consistió si existe o no presencia de coliformes totales de *E. coli*, mientras que para el análisis sensorial se necesitaron a 175 jueces de tipo afectivos para que estos pudieran evaluar la aceptabilidad del color, aroma, textura, y aceptabilidad general mediante pruebas binomiales y de escala hedónica de 9 puntos para galletas hechas a base de harina de teosinte

Palabras clave: Teosinte, endémica, reología, microbiología, análisis sensorial, aceptabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

Conocido comúnmente como “tiusinte” o “teosinte” es un alimento silvestre que sirve de complemento a la dieta basada en maíz y frijoles (Bonta *et al.*, 2006), sin embargo, su uso en productos de panificación no ha sido estudiado. Por lo tanto, el presente estudio se planteó como evaluar efecto de la harina de teosinte sobre las propiedades reológicas, microbiológicas y sensoriales en panificación, utilizando los estróbilos microsporangados los cuales son la semilla y la estructura reproductiva masculina, los macrosporangios son los óvulos que van de dos en dos, es decir la semilla y parte femenina de la planta que se utilizara en la elaboración de harina (Bastias-Montes *et al.*, 2020).

Para poder evaluar si dicha harina de teosinte es rica en nutrientes no convencionales ricos en moléculas bioactivas (Marcía Fuentes *et al.*, 2021), se realizará el desarrollo de una fórmula para la elaboración de una galleta a base de harina de teosinte, libre de gluten (Gao *et al.*, 2018), los resultados se someterán a diversos estudios, como ser: análisis reológicos microbiológicos y análisis sensoriales. Dichos estudios y análisis nos ayudaran a determinar su aceptabilidad sensorial y calidad nutricional; por su contenido de proteína y carbohidratos (Bastias-Montes *et al.*, 2020), la harina de teosinte tiene un valor nutricional importante que podría ser utilizada para enriquecer formulaciones tradicionales de repostería.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- Evaluar el efecto y aplicación tecnológica de las semillas de *Dioon mejiae* mediante análisis instrumentales sobre las propiedades reológicas, microbiológicas y sensoriales en productos de panificación.

2.2 Objetivos específicos:

- Determinar la composición botánica, físico-química y fitoquímica del fruto *D. mejiae* mediante análisis instrumentales a nivel de laboratorio.
- Diseñar una mezcla optimizada para la elaboración de productos de panificación a partir de harina de teosinte mediante bloques balanceados incompletos.
- Valorar la aceptación del *D. mejiae* a partir de pruebas sensoriales.
- Caracterizar la formula optimizada a partir de análisis químico-nutricional y pruebas físico-químicas

III. HIPÓTESIS

3.1 Pregunta problema

Es posible emplear la harina del *Dioon mejiae* con el fin de obtener un producto de panificación inocuo, con aceptación sensorial y calidad físico-química, y nutricional.

3.1.1 Hipótesis nula (H_0)

No es posible emplear la harina del teosinte para la mejora de las propiedades reológicas, nutricionales y sensoriales en productos de panificación.

3.1.2 Hipótesis alternativa (H_a)

La harina de teosinte puede emplearse en el desarrollo de productos de panificación con inocuidad, aceptabilidad y mejora de sus características reológicas.

IV. REVISIÓN LITERARIA

4.1. Teosinte (*Dioon mejiae*)

Conocido comúnmente como “tiusinte” o “teosinte” es un alimento silvestre que sirve de complemento a la dieta basada en maíz y frijoles (Bonta *et al.*, 2006). El Teosinte (*D. mejiae*) es un árbol nativo de Honduras, del cual sus semillas son usadas para la elaboración de harina y con esta preparar alimentos y bebidas tradicionales (Bastias-Montes *et al.*, 2020). Se ha utilizado desde tiempos remotos para la elaboración de alimentos típicos a partir de su harina, que sirven de complemento en la dieta de indígenas y mestizos hondureños (Flores *et al.*, 2021).

Se cosechan los conos femeninos para extraer sus semillas, las cuales se procesan mediante una hidrólisis alcalina, deshidratación, molida y tamizado con el fin de obtener harina para elaborar tamales, tortillas, entre otros productos. Las hojas se utilizan en diversas festividades católicas y además persisten algunos usos menores de las hojas y de partes del cono femenino. Los “tiusintes” son un recurso comunitario que está siendo destruido como consecuencia de los efectos negativos de la extracción de madera, la ganadería, y la agricultura de roza y quema. Sin embargo, aún persisten algunas prácticas tradicionales de carácter sostenible, y estas tal vez puedan servir para elaborar una más completa estrategia para la conservación de esta especie (Bonta *et al.*, 2006).

Mientras que los macrosporangios son de color gris densamente pubescentes, estrechamente imbricado, los óvulos van de dos en dos, la semilla es de color blanca con un apéndice en la parte externa de la calaza, tiene una capa interna llamada esclerotesta que es

muy áspera, es la parte femenina de la planta que se utilizara en la elaboración de harina (Bastias-Montes et al., 2020).

Se conoce como harina a aquel producto fino triturado obtenido a través de la molturación de cereales como el trigo, maíz, sorgo, entre otros (Encarnacion y Salinas, 2017). Los teosintes tropicales anuales, los parientes silvestres más cercanos del maíz, fueron reportados recientemente como nuevas malezas agrícolas en países europeos (Le Corre *et al.*, 2020).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Dioon mejiae*

Taxonomía	
Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadales
Familia	Zamiaceae
Género	<i>Dioon</i>
Especie	<i>mejiae</i>

Fuente: (Standley, 1950)

Los folíolos carecen de espinas en la porción apical y media de la fronda, de 15 cm de largo y 1,5 cm ancho; decrecen progresivamente hacia la base de la fronda donde son espinosos de la punta (de Luca *et al.*, 1980). Folíolos medianos elípticos-acuminados, punzantes; las hojas de las plántulas se parecen a las hojas adultas, con pecíolos cortos o ausentes; conos femeninos inclinados, moderadamente colgantes en la madurez; pedúnculos $\leq 14,5$ cm de largo; semillas con apéndice prominente (Haynes y Bonta, 2007).

4.1.1 Composición nutricional del teosinte

El Teosinte proporciona almidón, harina o sagú que es un glúcido extraído de las semillas (Arévalo *et al.*, 2015). Contiene azúcares, ácidos grasos, aminoácidos, proteínas, minerales y fibras (Bastias-Montes *et al.*, 2020). Asimismo, es un alimento silvestre complementario en la dieta de maíz y frijoles (Bonta *et al.*, 2006). Por tales características podría emplearse como sustituto o complemento de otras harinas derivadas de otros cereales (maíz, trigo, arroz, entre otros) para la elaboración de productos de panificación en personas con regímenes especiales de alimentación, como fuentes de nutrientes no convencionales ricos en moléculas bioactivas (Marcía Fuentes *et al.*, 2021).

4.2. Reología

Un concepto formal del término reología (παντα ρει: todo fluye) sería: Parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia, en este caso, la harina. La reología, es decir, la ciencia del flujo y la deformación, estudia las propiedades mecánicas de los gases, líquidos, plásticos, sustancias asfálticas, materiales cristalinos y otros (Rodríguez Sandoval *et al.*, 2005). Una clara comprensión de las propiedades reológicas y texturales de un alimento es fundamental en la investigación y desarrollo de nuevos productos, el diseño de equipos, el mejoramiento de procesos, y el control de calidad de materias primas, productos intermedios y terminados (Navas, 2006).

4.3. Microbiología

La microbiología es el estudio de los microorganismos, su biología, su ecología y, en nuestro caso, su utilización en la producción de bienes agrícolas o industriales y su actividad en la alteración y deterioro de dichos bienes (Castillo y Andino 2010). Mucho antes de que se conocieran los microorganismos, ya se hacían alimentos como el pan con levadura, las leches fermentadas y las bebidas, como el vino y la cerveza. Los fabricantes entonces no sabían ni entendían el proceso, y su trabajo era por acierto y error (Mendoza Galindo, 2003).

4.4. Evaluación Sensorial

El análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima (García, 2014).

La "Evaluación Sensorial" es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios estos que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismos (Manfugas Espinosa, 2013).

En la evaluación sensorial de los alimentos, cada sentido resulta ser el instrumento que proporciona una información valiosa y específica acerca de los mismos. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quínicas o texturales (Picallo, 2009).

4.5. Humedad

Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y 95% en los alimentos naturales. El agua puede decirse que existe en dos formas generales: agua libre y agua ligada. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad y es estimada en la mayor parte de los métodos usados para el cálculo del contenido en agua. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligadas a las proteínas. Estas formas requieren para su eliminación en forma de vapor un calentamiento de distinta intensidad. Parte de esta permanece ligada al alimento incluso a temperatura que lo carbonizan (Barreto *et al.*, 2015).

4.5.1 Humedad en las harinas

El contenido de humedad de las harinas varía de acuerdo con el acondicionamiento del trigo, plátano, soya, etc.; así como con las condiciones climáticas. El máximo de contenido de humedad según las normas COVENIN en la harina es de 13,5% (Barreto *et al.*, 2015), con algunas excepciones que puede alcanzar hasta el 15,1% según CODEX (2019).

4.5.2 Importancia de la humedad en las harinas

La importancia del agua en el alimento se demuestra como un factor de calidad principalmente; como también, conservación y resistencia al deterioro, más bien conocido como vida útil; aspectos legales y económicos ya que si se excede el nivel de humedad en el alimento este puede estar adulterado (Barreto *et al.*, 2015).

4.5.3 La temperatura en la determinación de la humedad

El control de la temperatura y de la presión son factores importantes que se deben considerar en la determinación de la humedad. Esta determinación requiere bastante experiencia y cuidados extremos en todo el proceso de neutralización, destilación, medición y control de temperatura (Masson, 2006).

4.6. Tamaño de partícula (Granulosidad o granulometría)

El análisis granulométrico, propiedades físicas y funcionales en las harinas son primordiales para la industria de la panificación, pues estos facilitan la estandarización y proceso de productos, identificar los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas (Dussán-Sarria *et al.*, 2019). El 95 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 71) según CODEX (2019).

4.7 Sustitutos de harinas y aditivos funcionales alternativos y tecnología aplicada a productos sin gluten

Tabla 2. Sustitutos de harinas y aditivos funcionales alternativos y tecnología aplicada a productos sin gluten

Sustitutos de harina de trigo	Aditivos y tecnologías	Referencias
Harina de arroz	Inulina, goma guar, fibra de avena, pancreatina, amil glucosidasa, oxidasa peroxidasa	Gularte <i>et al.</i> , (2012a)
Harina de arroz	Sirope invertido, tragacanto, goma xantana	Hojjatoleslami & Azizi <i>et al.</i> , (2015)

Harina de arroz	Emulsionante	de la Hera <i>et al.</i> , (2013)
Harina de arroz	Goma xantana, goma guar, goma de algarrobo; Calefacción combinada por infrarrojos y microondas	Turabi <i>et al.</i> , (2010)
Harina de arroz, harina azuki, harina de chía	Goma xantana, goma guar, goma de algarrobo	Gohara <i>et al.</i> , (2016)
Harina de arroz, harina de legumbres, harina de garbanzo, harina de guisantes, harina de lentejas, harina de frijoles	a-amilasa, amiloglucosidasa, tripsina, glucosa oxidasa-peroxidasa a-amilasa, amiloglucosidasa, tripsina, glucosa oxidasa-peroxidasa	Gularte <i>et al.</i> , (2012)
Harina de arroz, almidón resistente, almidón de tapioca	Goma de algarrobo, DATEM	Tsatsaragkou <i>et al.</i> , (2015)
Harina de arroz	Aislados de proteína de soja, monoestearato de glicerol, goma xantana, concentrado de fibra dietética de zanahoria negra	Singh <i>et al.</i> , (2016)
Harina de arroz, Harina quínoa	Polvo de arándano liofilizado	Bhaduri & Navder <i>et al.</i> , (2014)

Fuente: (Gao *et al.*, 2018).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación de experimentación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Estatal de Luisiana (LSU) ubicada en la ciudad de Baton Rouge, estado de Luisiana, Estados Unidos. El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en los laboratorios del Food Science Building del departamento de Animal and Food Sciences Laboratories.

5.2 Materiales y equipo

Tabla 3. Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación

Materiales y equipo	Descripción
Formatos de evaluación	Papelería utilizada para realizar evaluaciones
Computadora	Se utilizará para el desarrollo de los formatos, además para llevar el registro de datos y aplicar programas de evaluación.
Commercial food mixer	se necesita para mezclar los ingredientes
Horno	Necesario para la cocción del producto.
Balanza	Se utilizará en las verificaciones de las cantidades que se utilizaran en las pruebas de laboratorio.
Pie de rey	Se utilizará para hacer mediciones de la caracterización de los estróbilos microsporangiados y los macrosporangios obtenidos del teosinte

Papelería etiquetado	de	Se necesitará para identificar productos y áreas de evaluación.
Bolsas		Se utilizan para almacenar producto que lleve a evaluación, desde el área de laboratorio, hasta el área de evaluación.
Tablero		Se necesita para portar documentos como ser los formatos.
Uniforme		Se necesita como medida de seguridad alimentaria para el ingreso a los laboratorios de la Universidad Nacional de Agricultura.
Guantes		Se necesitan para el momento de hacer monitoreo en las formulaciones elaboradas y así no contaminarlas.
Redecilla		Es parte del uniforme como una medida de seguridad para evitar que el cabello caiga o tenga contacto con los productos.
Papelería		Toda la papelería es necesaria para los formatos.
Programas de metodología de análisis	de	Para realizar los análisis Bromatológico y Fisicoquímico correspondientes a las muestras

Fuente: propia

5.3 Metodología de investigación

Para el desarrollo de la investigación se empleará el método descriptivo cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio. Para su cumplimiento se realizarán diferentes fases experimentales, siguiendo la metodología propuesta por Flores *et al.*, (2021) y López *et al.*, (2021), con ligeras modificaciones.

Fase I. Caracterización de materia prima y elaboración de harina de teosinte

Se utilizaron los estróbilos microsporangios y los macrosporangios obtenidos del teosinte (*Dioon mejiae*). Cosechados en las comunidades de Río Grande y Saguey, municipio de Gualaco, departamento de Olancho y se evaluaron las características fisicoquímicas en el Laboratorio de Ciencias de Alimentos de la Universidad Estatal de Luisiana. Para dicha caracterización se lavaron los estróbilos microsporangios y macrosporangios obtenidos del teosinte, se secaron, pelaron y trituraron en un procesador marca Hamilton Beach. De igual forma de elaboración de harina de mung bean (*Vigna radiata*) para su uso como control en el análisis sensorial. La harina se evaluó mediante análisis químicos y físicos descritos a continuación.

5.3.1 Elaboración de harina

La harina se elaboró a partir de los estróbilos microsporangios y los macrosporangios obtenidos del teosinte, los cuales fueron trasladados a la Universidad Nacional de Agricultura siguiendo el procedimiento establecido por Barreto *et al.*, (2015).

5.3.2 Análisis granulométrico

El tamaño de partícula se clasificará mediante la agitación de 50 g de harina de teosinte en tamiz número 20 (850µm), siguiendo la metodología AOAC 965.22 (CODEX, 2019). Se pesará cada tamiz en orden descendente antes y después de la agitación.

Fase II Formulación y elaboración del producto

5.3.3 Elaboración de la galleta

Las galletas se realizaron siguiendo el método propuesto por (Varela et al., 2021) con algunas modificaciones. La harina de mung bean fue el control 0% (C0) y se agregó harina de Teosinte al 50% (C50), 60% (C60), 70% (C70), 80% (C80), 90% (C90), 100% (C100). Para formar masas para galletas, se mezclaron harina de mung bean (Jiva organics), harina de teosinte, levadura en polvo (Great Value), cacao en polvo (Better Body Foods), mantequilla sin sal (Great Value), azúcar (Great Value), Splenda y huevos. en una batidora de alimentos comercial (Globe Food Equipment CO, modelo SP5, Dayton OH).

Las masas se reposaron durante 5 minutos y se usó un rodillo manual para moldear la masa y cortarla en círculos usando un cortador de galletas con un diámetro de 4,83 cm. Las masas se hornearon en un horno Baxter OV310G, Orting, WA, EE. UU.) a 173,9 °C (345 °F) durante 9 min, se retiraron y se enfriaron a temperatura ambiente.

Tabla 4. Distribución de ingredientes de mezcla

Ingrediente	Mínimo	Maximo
Harina de teosinte	0%	42%
Harina de Mung Bean	0%	42%
Margarina	15%	16%
Soda para hornear	1%	2%
Huevo	5%	7%
Splenda	4%	6%
Azúcar	14%	17%
Cacao	8%	10%

Fuente: propia

Fase III Evaluación y análisis sensorial para la optimización de la formula

El análisis sensorial determina si existe alguna diferencia significativa en la aceptación sensorial de apariencia, color, textura en boca, olor, sabor y aceptación sensorial general. (Encarnación y Salinas, 2017). Se conto con 7 formulaciones obtenidas mediante diseño de mezclas de bloques balanceados incompletos para la elaboración de una galleta a partir de harina de teosinte (*Dioon mejiae*) y harina de mung bean (*Vinga radiata*), las cuales se sometieron a un análisis sensorial con pruebas hedónicas de 9 puntos a partir de 175 jueces de tipo afectivos. Las galletas fueron repartidas a los panelistas en bandejas blancas (cuatro galletas por bandeja) y etiquetadas con códigos aleatorios de tres dígitos junto con una galleta de soda sin sal y agua como borradores para no afectar el juicio de los participantes. Las muestras se almacenaron en bolsas (Ziploc, SC Johnson) a temperatura ambiente durante la noche antes de analizarlas al día siguiente.

Fase IV Determinar la composición físico-química y microbiológica de la galleta.

La formulación optimizada se caracterizó bromatológica, microbiológica y fisicoquímicamente, siguiendo la metodología propuesta por Marcia Fuentes *et al.*, (2020) con ligeras modificaciones.

Tabla 5. Métodos para analizar la composición fisicoquímica

Análisis	Metodología de análisis
Propiedades de pegado	Método 76-21; AACC usando un rápido visco analizador.
Textura	Analizador de textura

Tabla 6. Métodos de la composición química

Análisis	Metodología de análisis
Humedad	MA-41 Termo balanza método 65.
Aw	MA 33 Interpolación grafica
pH	MA-43 ADAC 32.010
Cuantificación de nitrógeno/proteínas	AACC 46-13.01 (Kjeldahl)
Color	Espectrofotometría
Fibra	AACC 32-45.01 (método enzimático-gravimétrico)

Tabla 7. Métodos para evaluar la microbiología del producto

Análisis	Metodología de análisis
E. coli/Coliform	MLG Method 5C.00 and 5B.05

5.3.4 Textura

La dureza de las galletas se determinó utilizando un analizador de textura (TA.XTplus® Texture Analyzer, Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) a través de una cuchilla con filo de cuchilla bajo la siguiente configuración de prueba: una velocidad previa a la prueba = 1,6 mm/s; una fuerza de disparo = 30 g; una velocidad de prueba = 2,20 mm/s; y velocidad post-test de 12 mm/s con una distancia de 10 mm (Chakraborty et al., 2009).

5.3.5 Viscosidad

Para el análisis de viscosidad se utilizó un Newport Scientific Rapid Visco Analyzer #RVA-4, en el cual se midió la viscosidad de 5 gramos de teosinte.

5.3.6 Humedad

Se utilizó medidor de humedad marca VWR, modelo 213M.I en el cual se midió la humedad de una muestra de aproximadamente 2 gramos. Se calibró el aparato antes de que este leyera la muestra. Este análisis fue realizado por triplicado.

5.3.7 Actividad de agua (A_w).

Se determinó dicho parámetro según el método MA 33 Interpolación gráfica, se utilizó un Aqualab modelo 4TE serie 0101875. El equipo se calibro con una solución estándar Decagon al 0.20 A_w . Se colocó una cantidad de muestra hasta la mitad de la bandeja del equipo y este leyó el resultado. Este análisis se realizó por triplicado.

5.3.8 Colorimetría

Para medir el color de las galletas de teosinte (*Dioon mejiae*) se utilizó un colorímetro (BC-10 Baking Contrast Meter, Konica Minolta Sensing Americas, Ramsey, NJ, EE. UU.), incluidos los valores L^* , a^* , b^* , Chroma, Hue angle y Delta-E.

5.3.9 Microbiología

Se preparó una dilución de 1:10 de la muestra y se vertió en una botella de dilución utilizando una pipeta. Se añadió agua peptonada y se homogeneizó utilizando un homogeneizador de Stomacher. Se preparó una dilución seriada de 10^{-1} a 10^{-3} . Trabajando bajo el calor de una llama, se colocó con la ayuda de una pipeta 1 ml de muestra en el centro de la placa 3M Petrifilm TM para la incubación.

5.4 Análisis e interpretación estadístico

Los resultados fueron analizados mediante el programa Minitab Versión 18 para el diseño de mezcla y para determinar normalidad y homocedasticidad de los datos, pruebas de comparaciones múltiples y construcción de estadígrafos en la optimización de la formulación e interpretación del análisis físico-químico y nutricionales se utilizará el programa estadístico IBM SPSS versión 25.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Análisis sensorial

Un total de $N = 175$ consumidores participaron en el campus de Louisiana State University (LSU, Baton Rouge, LA, USA). Para evitar alguna reacción alérgica potencial, los consumidores fueron informados que las muestras podrían contener algunos alérgenos. El análisis sensorial consistió en 62% hombres y 38% mujeres. De acuerdo con las definiciones de Dimock (2019), 0.6% fueron silents, 4.5% fueron boomers, 2.3 % fueron generación X, 21.8% fueron generación millenials, y en su mayoría con 70.7% fueron generación Z. Este sesgo de muestreo hacia los adultos más jóvenes se esperaba, dado el reclutamiento de un campus universitario; por lo tanto, limitaría la generalización de los resultados a una población más amplia. La mayoría de los panelistas eran blancos/caucásicos 48,9 %, seguidos por latinos 25,3 %, negros o africanos 13,8 %, asiáticos 10,4 % y la minoría eran de varias razas 1,7 %.

El análisis sensorial se realizó en cabinas divididas en el Laboratorio de Servicios Sensoriales de LSU (Baton Rouge, LA, EE. UU.). Se utilizó el software de encuestas en línea Qualtrics (Qualtrics, Provo, UT, EE. UU.) para la presentación del cuestionario y la recopilación de respuestas. Esta investigación fue aprobada por la Junta de Revisión Institucional del AgCenter de la Universidad Estatal de Luisiana (IRB# HE18-9 y IRB# HE 18-22). La presentación de la muestra siguió un diseño de bloques incompletos balanceados (B.I.B $k=4$, $t=7$, $b=7$, $r=4$, $\lambda=1$); según Cochran & Cox (1992).

Con el protocolo B.I.B, el producto de k y b ($4 \times 7 = 28$) es igual al producto de t y r ($7 \times 4 = 28$). Cada consumidor se consideró un bloque y cada bloque recibió cuatro muestras ($k = 4$). Cada consumidor recibió 4 ($k = 4$) de las posibles 7 ($t = 7$) combinaciones de muestras

posibles. Por lo tanto, una réplica del presente diseño B.I.B. requirió siete panelistas ($b = 7$ bloques por repetición). Replicando este diseño B.I.B. veinticinco veces, se obtuvieron datos de 175 consumidores totales ($7 \times 25 = 175$ panelistas totales). Todas las muestras se evaluaron cuatro veces ($r = 4$) por repetición y, por lo tanto, cien veces más de veinticinco repeticiones del diseño ($4 \times 25 = 100$ observaciones totales por par).

Las muestras se evaluaron en términos de agrado (escala hedónica de 9 puntos), aceptabilidad (escala sí/no) y preferencia (entre el control y la muestra; 2-AC con la opción "sin preferencia"). Cada muestra se calificó en términos de apariencia, color, textura, sabor y [gusto/aceptabilidad/preferencia] general, en ese orden. Se sirvieron galletas sin sal y agua para limpiar el paladar.

6.1.1 Aceptación de galletas de harina de teosinte

Cada porcentaje en la tabla 1 representa la cantidad de teosinte en la muestra y su calificación en porcentaje en base a respuestas positivas por los panelistas. Se muestra el porcentaje de respuestas 'sí' (aceptabilidad) con una prueba binomial (si/no) en base a apariencia, color, aroma, textura, sabor y aceptabilidad general. El diseño experimental nos da un valor crítico de 61% según Cochran & Cox (1992), lo que significa que una calificación menor a 61% demuestra rechazo en la muestra, basado en proporciones de una prueba binomial de dos colas ($P = 0.50$, $n = 175$, $\alpha = 0.05$) según

Tabla 8. Porcentaje de aceptación de galletas de harina de teosinte por 175 jueces de tipo afectivos

%	Apariencia	Color	Aroma	Textura	Sabor	General
0%	92.9	100.0	76.5	70.4	67.3	70.4
50%	90.8	93.9	92.9	33.7	68.4	51.0
60%	91.8	94.9	93.9	34.7	69.4	52.0
70%	80.6	89.8	83.7	68.4	72.4	69.4
80%	93.9	91.8	83.7	59.2	66.3	61.2
90%	85.7	91.8	86.7	62.2	74.5	73.5
100%	95.9	95.9	85.7	72.4	71.4	71.4

La textura de la muestra 50% (C50) y 60% (C60) demostró ser rechazada lo cual afectó la aceptabilidad general en las mismas muestras a diferencia de todas las demás muestras que fueron aceptadas en base a apariencia, color, aroma, sabor y aceptabilidad general.

6.1.2 Resultados de la escala hedónica de 9 puntos

La tabla 6 muestra en promedio la calificación media dada por los panelistas a la escala hedónica usada en el análisis sensorial, siendo 1 extremadamente insatisfecho, 2 muy insatisfecho, 3 insatisfecho, 4 poco insatisfecho, 5 neutral, 6 poco satisfecho, 7 satisfecho, 8 muy satisfecho, 9 extremadamente satisfecho. Se observa que la media es de 5 para las muestras 100%, 90%, 80%, 70% y 0%. La media para las muestras 50% y 60% es de 4.

Tabla 9. Escala hedónica de 9 puntos

%	Cantidad	Media	Desv.Est.	Agrupación		
100%	100	5.612	1.774	A		
90%	100	5.551	1.906	A		
80%	100	5.265	1.929	A	B	
70%	100	5.378	1.864	A	B	
60%	100	4.673	1.815		B	C
50%	100	4.388	1.854			C
0%	100	5.327	1.604	A	B	C

La mayoría de personas dieron una calificación neutra a las galletas. No hay diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el control (C0) y el resto de las muestras.

6.2 Características de la composición química

6.2.1 Contenido de humedad

Tabla 10. Resultados del contenido de humedad

Factor	N	Media	Desv.Est.	Agrupación		
100%	3	6.862	0.997	A	B	
90%	3	5.14	0.1459		B	C
80%	3	6.836	1.067	A	B	
70%	3	7.191	0.274	A		
60%	3	4.641	0.204			C
50%	3	6.468	0.703	A	B	C
0%	3	6.688	0.53	A	B	

Con un medidor de humedad marca VWR, modelo 213M.I se midió la humedad de cada una de las muestras. Aproximadamente 2 gramos fueron triturados y usados para realizar el análisis. Se calibró el aparato antes de que este leyera la muestra. Se observa que la muestra con mayor contenido de humedad fue la que contiene 70% (C70) de teosinte, mientras que la que tiene menor contenido de humedad fue la muestra de 60% (C60). Este análisis fue realizado por triplicado.

6.2.3 Actividad de agua (A_w).

La actividad de agua (a_w) se define como "la relación entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura" (Singh y Heldman, 2017). Es una medida importante para la conservación y estabilidad de los alimentos, ya que influye en la proliferación de microorganismos y la reacción de degradación de los componentes del alimento (Labuza y Schmidl, 1985).

Tabla 11. Resultados de la actividad de agua

Factor	N	Media	Agrupación
100%	3	0.50473	A
90%	3	0.452767	B
80%	3	0.482633	C
70%	3	0.498367	D
60%	3	0.532933	E
50%	3	0.53017	E
0%	3	0.5235	F

La actividad de agua (a_w) de la las galletas de harina de teosinte tiene valores normales en promedio de 0.5, en comparación con una harina de trigo blanca tiene una actividad de agua de alrededor de 0,3 a 0,4, mientras que una harina integral tiene una actividad de agua de alrededor de 0,6 a 0,7 (ICMSF, 1986).

6.3.4 Colorimetría

Tabla 12. Color L * (luminosidad-oscuridad)

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Agrupación	
0%	7	27.8	0.272		B
50%	7	28.2	0.308	A	B
60%	7	28.2	0.338	A	B
70%	7	27.9	0.157		B
80%	7	28.5	0.355	A	
90%	7	28.2	0.482	A	B
100%	7	27.9	0.299		B

Solo existe diferencia significativa en la muestra 80% (C80), el resto de las muestras no presenta diferencia significativa, no habiendo diferencia de color para el ojo humano.

Tabla 13. Color a * (rojo a verde)

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Agrupación	
0%	7	6.777	0.43		C
50%	7	6.6443	0.1661		C
60%	7	7.0386	0.2419	B	C
70%	7	7.039	0.265	B	C
80%	7	7.3257	0.0483	A	B
90%	7	7.4843	0.2489	A	B
100%	7	7.657	0.36	A	

Mientras más alto el valor del color a*, más roja se vuelve la muestra. Al incrementar el porcentaje de harina de teosinte en las muestras, más rojo es el color que estas se tornan.

Tabla 14. Color b * (Amarillo a azul)

Factor	N	Media	Desv.Est.	Agrupación	
0%	7	5.096	0.515	A	B
50%	7	5.0029	0.1493	A	B
60%	7	5.5014	0.1655	A	
70%	7	5.051	0.265	A	B
80%	7	4.7114	0.1385		B
90%	7	5.214	0.388	A	B
100%	7	5.277	0.403	A	

El color b (amarillo a azul) no muestra ser afectado por la cantidad de teosinte incorporada en la muestra no representando diferencia significativa ($P < 0.05$)

6.4 Microbiología

Tabla 15. Número total de colonias en las muestras

Muestra	Dilución	Número de colonias	Total	UFC/g	log UFC/g
100%	-2	34	3400	136	2.134
	-3	8	8000	320	2.505
90%	-2	18	1800	72	1.857
	-3	6	6000	240	2.380
80%	-2	20	2000	80	1.903
	-3	5	5000	200	2.301
70%	-2	29	2900	116	2.064
	-3	5	5000	200	2.301
60%	-2	26	2600	104	2.017

	-3	2	2000	80	1.903
50%	-2	16	1600	64	1.806
	-3	3	3000	120	2.079
0%	-2	2	200	8	0.903
	-3	5	5000	200	2.301

En los resultados obtenidos no fue detectada la presencia de *E. coli* en ninguna de las muestras según la tabla 15, ya que para que exista presencia de *E. coli* debe haber un log UFC/g < 10.

6.5 Textura

Tabla 16. Medias de análisis de dureza de las galletas

Factor	N	Media	Desv.Est.	Agrupación	
0%	10	12433	6073	A	
50%	10	8622	2352	A	B
60%	10	8861	1357	A	B
70%	10	8809	1606	A	B
80%	10	9344	1258	A	B
90%	10	7692	1736		B
100%	10	7556	2214		B

En el análisis de textura fue evaluada la dureza de cada tratamiento, dando como resultado una tendencia que mientras más se agrega teosinte, más suave se vuelve la galleta, siendo el control (C0) la muestra con más firmeza, mientras que la muestra más suave fue la que mayor porcentaje de teosinte tenía (C100)

6.6 Nivel de viscosidad de la harina.

Tabla 17. Viscosidad final de la harina de teosinte

Término	Coef
T	106
XG	4889.6
T*XG	739.8
T*Ph	27.3
XG*Ph	-8907.2
T*XG*Ph	2984.7
T*NaCl	24.6
XG*NaCl	-68049.5
T*XG*NaCl	23069.7
T*Sucrose	32.1
XG*Sucrose	16329.8
T*XG*Sucrose	-6182

La tabla expresa el nivel de viscosidad final de la harina de teosinte donde T = Teosinte, XG = goma xantana, Ph = Ph, NaCl = sal, Sucrose = Azúcar. Los niveles de viscosidad final según RVA son similares a los de otras harinas utilizadas para productos de panificación.

VII. CONCLUSIONES

Dioon mejiae es una especie de gran importancia ecológica, cultural y nutricional para el país. Su conservación es esencial para garantizar la supervivencia del humano y de las especies animales que dependen de esta cícada, así como para preservar su valor cultural para las comunidades locales, por lo tanto:

- Se determinó la composición botánica, físico-química y fitoquímica del fruto *D. mejiae* mediante análisis instrumentales a nivel de laboratorio.
- Se diseñó una mezcla optimizada para la elaboración de productos de panificación a partir de harina de teosinte mediante bloques balanceados incompletos.
- Se valoró la aceptación del *D. mejiae* a partir de pruebas sensoriales.
- Se logró caracterizar la formula optimizada a partir de análisis químico-nutricional y pruebas físico-químicas

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Arevalo, A; Reyes, O; Medina, L; Flores, L., Días, J& B. 2015. Conference, International Biology, Cycad Biology Cycad 2015 Sponsors.

Barreto, HJA; Chavarría, EWC; Molina, VKC; Minaya, RLC; Bravo, MLR. 2015. Elaboración de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) a tres temperaturas diferentes para establecer los porcentajes de humedad.

Bastias-Montes, J.M; Flores-Varela, L.E; Reyes-Calderón, O. A; Vidal-San-Martín, C; Muñoz-Fariña, O; Quevedo-León, R; Acuña-Nelson, S-M. 2020. Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour: Nutritional and Physicochemical Characterization of the Seed Flour of the Living Fossil in Honduras (en línea). *Agronomy* 10(4):481. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040481>.

Bonta, M; Flores Pinot, O; Graham, D; Haynes, J; Sandoval, G. 2006. Ethnobotany and conservation of tiusinte (*dioon mejiae* standl. & l.o. Williams, Zamiaceae) in northeastern Honduras. *Journal of Ethnobiology* 26(2):228-257. DOI: [https://doi.org/10.2993/0278-0771\(2006\)26\[228:EACOTD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2993/0278-0771(2006)26[228:EACOTD]2.0.CO;2).

Castillo, Y; Andino, F. 2010. Microbiología de los alimentos (en línea). :63. Disponible en <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf>.

Cochran, W.G. y Cox, G.M. (1992). *Experimental Designs*, 2nd ed. New York, USA: John Wiley & Sons Inc

Le Corre, V; Siol, M; Vigouroux, Y; Tenaillon, MI; Délye, C. 2020. Adaptive introgression from maize has facilitated the establishment of teosinte as a noxious weed in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117(41):25618-25627. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2006633117>.

Darnet, SH; Silva, LHM da; Rodrigues, AM da C; Lins, RT. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31(2):488-491. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000200032>.

Dussán-Sarria, S; Hurtado-Hurtado, DL; Camacho-Tamayo, JH. 2019. Granulometry, functional properties and color properties of quinoa and peach palm fruit flour. *Informacion Tecnologica* 30(5):3-10. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>.

Encarnacion, S; Salinas, J. 2017. Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca. *Escuela Agrícola Panamericana* :56.

Gao, Y; Janes, ME; Chaiya, B; Brennan, MA; Brennan, CS; Prinyawiwatkul, W. 2018. Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science and Technology* 53(1):19-32. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13505>.

Haynes, JL; Bonta, MA. 2007. An Emended Description of *Dioon mejiae* Standl. & L. O.Williams (Zamiaceae) (en línea). In *Proceedings of Cycad 2005: The 7th International Conference on Cycad Biology*. s.l., The New York Botanical Garden Press. p. 418-443 DOI: <https://doi.org/10.21135/893274900.026>.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (1986). *Microorganisms in Foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications*. University of Toronto Press.

de Luca, P; Moretti, A; Sabato, S; Torres, MV. 1980. *Dioon Rzedowskii* (Zamiaceae), a New Species from Mexico (en línea). *Brittonia* 32(2):225. DOI: <https://doi.org/10.2307/2806794>.

Manfugas Espinosa, JM. 2013. La ciencia sensorial su incidencia en la calidad del servicio de alimentos y bebidas y la satisfacción del cliente (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.eumed.net/rev/caribe/2014/06/ciencia-sensorial.pdf>.

Marcía Fuentes, JA; López-Salas, L; Borrás-Linares, I; Navarro-Alarcón, M; Segura-Carretero, A; Lozano-Sánchez, J. 2021. Development of an Innovative Pressurized Liquid

Extraction Procedure by Response Surface Methodology to Recover Bioactive Compounds from Carao Tree Seeds. *Foods* 10(2):398. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10020398>.

Masson, L. 2006. *Metodos analiticos para la determinacion de humedad, alcohol, energia, materia grasa y colesterol en alimentos*. segunda ed. Charrondiere, BAB y UR (ed.). s.l., Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Información de la FAO. 312 p.

Mendoza Galindo, S. 2003. Historia de la microbiología de los alimentos y su desarrollo en latinoamérica. (en línea). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 23:80-84. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562003000100017.

Navas, JSR. 2006. Introducción a la reología de los alimentos. (en línea). :47. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Ali-mentos.

Labuza, T.P. y Schmidl, M.K. (1985). "Water activity in foods: fundamentals and applications". Academic Press.

Rodríguez Sandoval, E; Fernández Quintero, A; Ayala Aponte, A. 2005. Rheology and texture of doughs: applications on wheat and corn (en línea). *Ingeniería e Investigación* 25(1):72-78. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v25n1.14629>.

Singh, R.P. y Heldman, D.R. (2017). "Introduction to Food Engineering". Academic Press.

Standley, PC. 1950. *Dioon mejiae*, A new cycad from Honduras (en línea). 1(1):3. Disponible en <https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/1190/1139>.

Picallo, A. (marzo 2009). Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. En: *Encrucijadas*, no. 46. Universidad de Buenos Aires. Disponible en: http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruci/index/assoc/HWA_257.dir/257.PDF

Dimock, M. (enero 2019). Pew Research Center. Obtenido de Pew Research Center: <https://www.pewresearch.org/short-reads/2019/01/17/where-millennials-end-and-generation-z-begins/>

IX. ANEXOS



Anexo 2



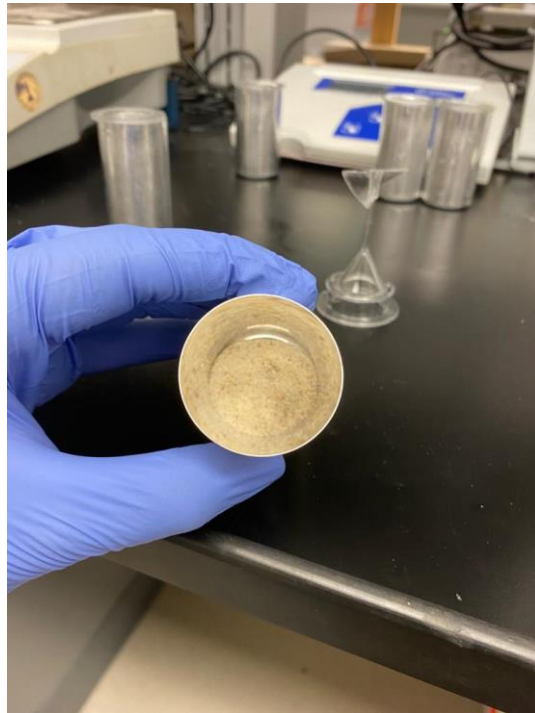
Anexo 1



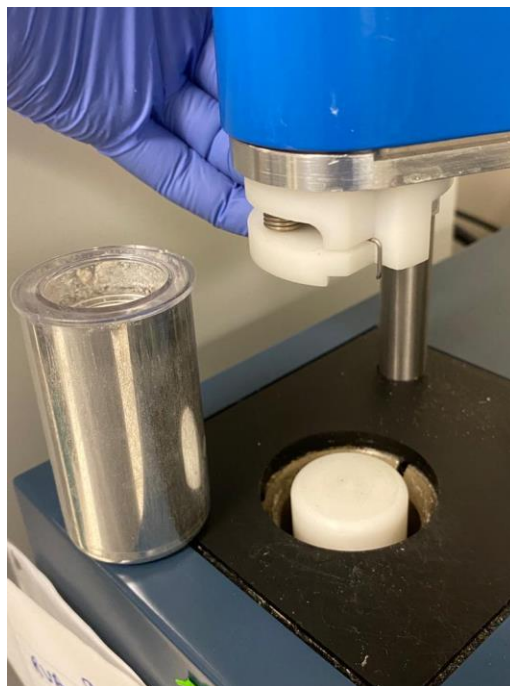
Anexo 4



Anexo 3



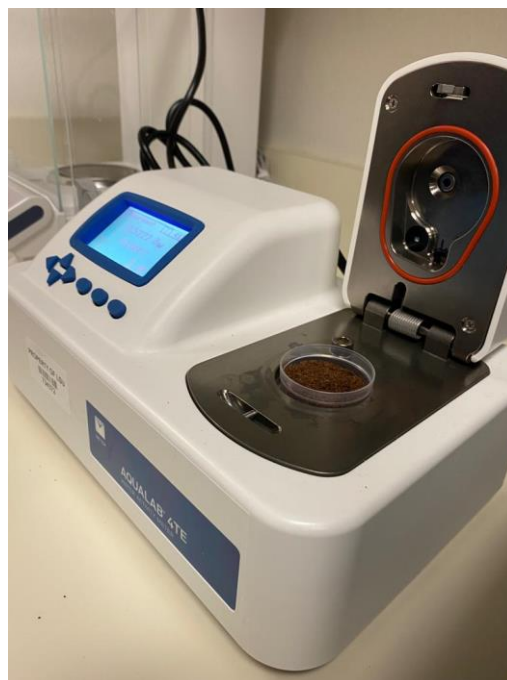
Anexo 6



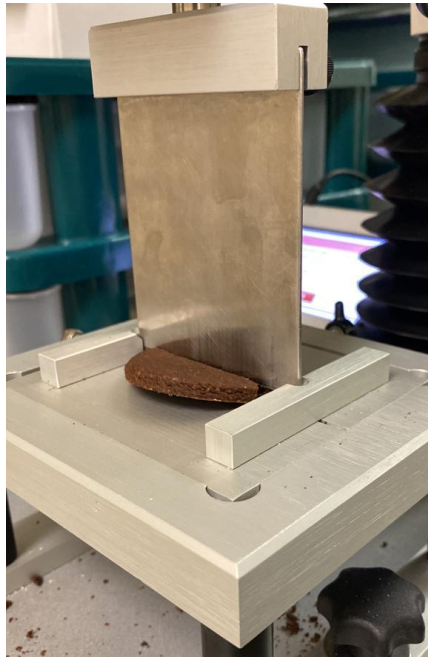
Anexo 5



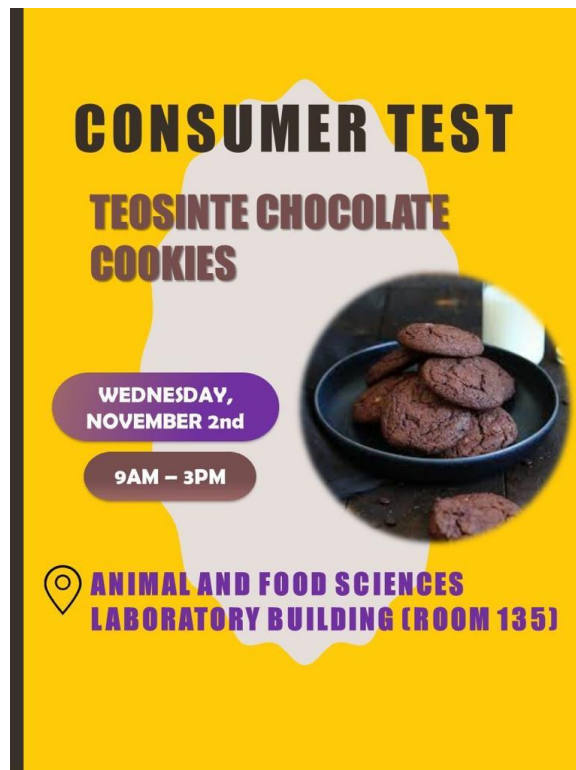
Anexo 8



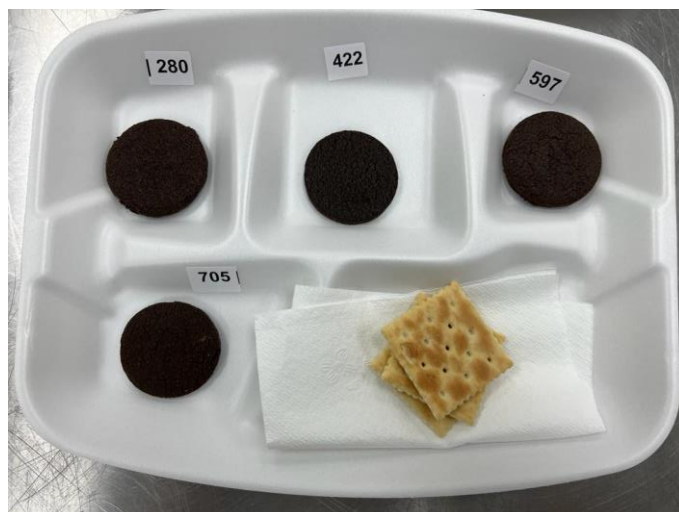
Anexo 7



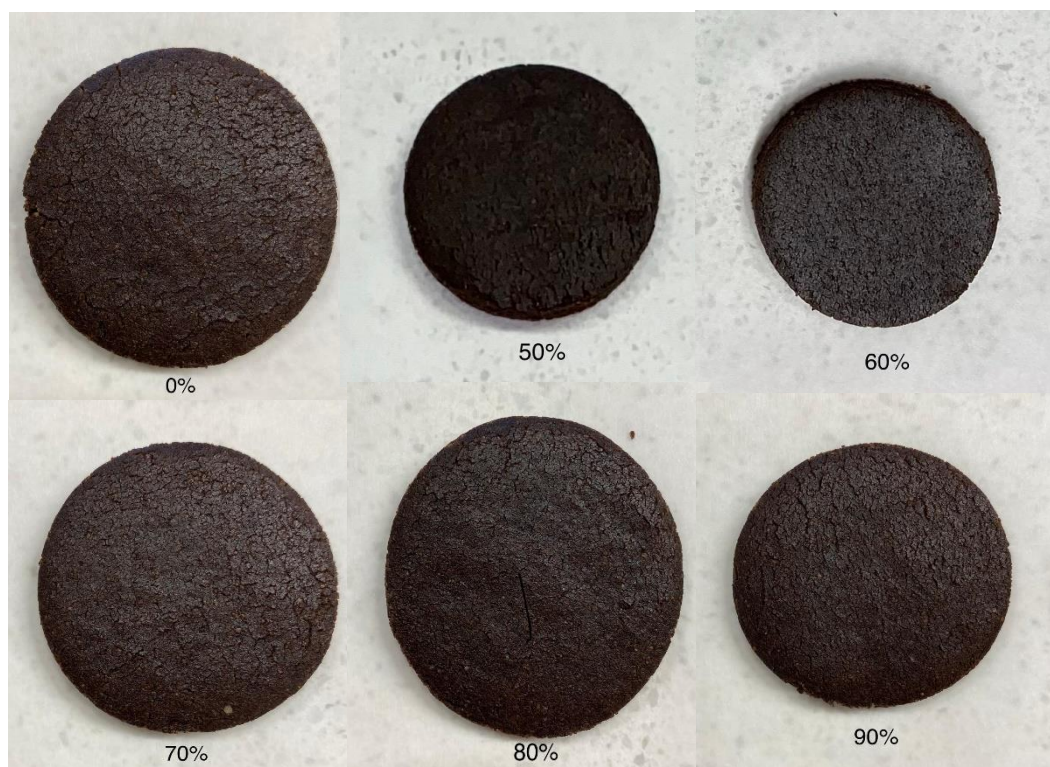
Anexo 10



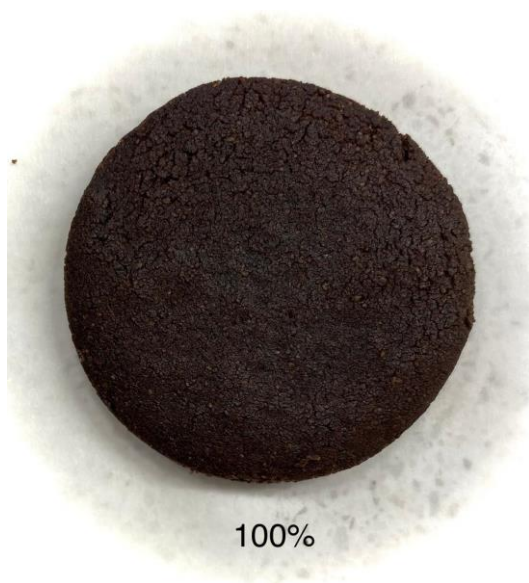
Anexo 9



Anexo 11



Anexo 12



Anexo 13