

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESARROLLO DE PAN MOLDE INTEGRAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA
DE TEOSINTE (*Dioon mejiae* Stdl & L Williams.)**

POR:

MARÍA CELESTE VELASQUEZ ACOSTA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO,

2, MAYO 2024

DESARROLLO DE PAN INTEGRAL SIN GLUTEN A BASE DE HARINA DE
TEOSINTE (*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams).

POR:

MARÍA CELESTE VELASQUEZ ACOSTA

RAMÓN ANTONIO HERRERA ANTÚNEZ M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGIA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

2, MAYO 2024

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada primeramente a Dios por darme la fuerza necesaria para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida.

A mi madre **Andy Suset Acosta Zelaya** quien, con su amor, paciencia y apoyo en todo momento, me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más; a mis otras dos madres **Juliana Acosta y Maria Luisa Acosta** quienes han sido un impulso para seguir adelante con este proyecto de vida. Y a mi hermano por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, y a mi amiga **Nicol Figueroa** que sin dudar a estado para mí en mis momentos de dificultad y triunfos, gracias por ser ese apoyo incondicional e impulsarme a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Primero, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecerles mi grupo de trabajo por su apoyo incondicional en todo momento y a mis asesores el Ingeniero Ramón Herrera por haber creído siempre en mí, y por darme esas palabras de apoyo siempre que lo necesité; a la Ing. Nairobi Sevilla y la Ing. Fanny Maradiaga, por apoyarme en esta investigación.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han convivido conmigo en la realización de este proyecto de tesis, con sus altos y bajos, desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Gracias a todos los que han sido parte de este camino. Sus contribuciones han dejado una huella indeleble en este trabajo y en mi vida.

CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.2. La enfermedad celíaca.....	4
3.3. Mercado de los productos de panificación sin gluten	5
3.3.1. Características de la oferta de productos sin gluten	5
3.4. Aplicación de hidrocoloides en la sustitución del gluten	6
3.4.1. Hidrocoloides naturales.....	7
3.4.2. Hidrocoloides semisintéticos	7
3.4.3. Hidrocoloides sintéticos	7
3.5. Las gomas en panificación	8
3.5.1. La goma xantana.....	9
3.5.2. La goma guar.....	10
Goma guar según Codex	11

Goma xanta de acuerdo al Codex.....	12
3.6. El teosinte.....	13
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	15
4.1. Lugar de investigación.....	15
4.2. Materiales y equipo.....	16
4.3. Metodología	17
4.4. Fase I.....	18
4.4.1. Diagrama del proceso de obtención de la harina integral de teosinte para la elaboración del pan molde.	18
4.4.2. El proceso para la elaboración de pan integral libre de gluten	19
4.4.3. Descripción del proceso:.....	20
4.5. Fase II.....	21
4.6. Fase III.....	21
4.7. Fase IV	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Fase I.....	24
Fase II.....	25
Fase III: determinar que proporción de mezcla en hidrocoloide de mezcla en hidrocoloide (goma guar y goma Xantana).	26
5.1. Índice de aceptabilidad.....	27
Resultados promedios de pruebas organolépticas en el proceso de elaboración de pan molde integral evaluado por panel de 50 jueces.	27
Fase IV	27
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS	35
Anexo 1. Obtención de la harina de teosinte a partir del secado y tamizado de las cariósides.	35
Anexo 2. Preparación del pan molde.....	37
Anexo 3. Análisis sensorial con jueces consumidores del pan integral.	39

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional del teosinte	12
Tabla 2. Escala hedónica de cinco puntos.	21
Tabla 3. Límites máximos y mínimos.....	22
Tabla 4. Aceptación en los atributos evaluados.....	23
Tabla 5. Comparación de medias en los atributos evaluados.	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquematación del proceso de digestión y absorción de proteínas en el intestino delgado (Caminero et al. 2014)	4
Figura 2. Estructura de la goma xantana (Kang y Pettit 1993).	9
Figura 3. Estructura química de la goma guar (Castañeda Ovando et al. 2019).	10
Figura 4. Semilla de teosinte (Marcia et al. 2022).	11
Figura 5. Laboratorio de evaluación sensorial, facultad de ciencias Tecnológicas (fuente propia 2023)	13
Figura 6. Harina de teosinte (fuente propia,2023)	14
Figura 7. Proceso de desarrollo de la investigación (Fuente propia 2024).	15
Figura 8. Diagrama del proceso de obtención de la harina integral de teosinte (Herrera 2022.....	16
Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de pan integral libre de gluten.....	17
Figura 10. Índice de aceptación	25

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Obtencion de la harina de teosinte a partir de del secado y tamizado de las cariopsides	33
Anexo 2. Preparacion del pan molde	37
Anexo 3. Análisis sensorial del pan integral con jueces consumidores del pan.....	37

VELASQUEZ ACOSTA, MC. 2024. Desarrollo de pan molde integral sin gluten a base de harina de teocinte (*Dioon mejiae* Stdl. & L. O. Williams). Tesis de grado, Ingeniero en Tecnología Alimentaria, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, C.A, 37 páginas.

RESUMEN

En la actualidad los consumidores se preocupan por tener un estilo de vida saludable, es por ello que existe un determinado grupo poblacional que demanda alimentos libres de gluten, influenciado al padecimiento de la enfermedad celiaca lo cual es una patología digestiva que produce daños en el intestino delgado. El objetivo fue elaborar un pan molde a partir de harina de teosinte el laboratorio de evaluación sensorial de la facultad de ciencias tecnológicas. Para la elaboración del pan molde se realizaron cuatro tratamientos que varían dos de sus ingredientes principales, la goma guar y la goma xantana T1 (46.25g), T2 (92.5g), T3 (138.75g), T4 (0g), y los porcentajes de harina de teosinte (500g), sal (10g), margarina (60g), agua (60g), leche (60g), azúcar glas (30g), levadura (5g), chía (10g) se mantuvieron fijos en todas las formulaciones. Se realizaron pruebas de análisis sensorial a escala de laboratorio, y los atributos que se evaluaron fueron color, olor, sabor, textura mediante una escala de cinco puntos, una vez que se obtuvieron los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey utilizando el programa infoStat para ver que tratamiento tuvo mayor aceptación. Dentro de los resultados se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) donde el T2 fue el que presentó mayor aceptación en las características organolépticas evaluadas por parte de los jueces en los atributos de color, sabor, aroma y textura. Se desarrolló un pan molde a partir de harina de teosinte donde se utilizaron dos tipos de gomas naturales con la misma concentración entre ellas, pero en diferentes concentraciones en cada formulación donde el T2 con 10% de gomas obtuvo la mayor aceptación con un 6.09 puntos de 5 posibles en cuanto a los atributos sensoriales aceptados por los consumidores.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores se preocupan por tener un estilo de vida saludable, manteniendo dietas balanceadas; provocando consigo mayor demanda de productos alimenticios saludables, naturales y ecológicos, que sean menos procesados y libres de alérgenos que provoquen efectos adversos o intolerancias en la salud de los consumidores; dando como resultado el desarrollo de nuevos productos, concretamente en la industria de la panificación (Noguerol Meseguer, 2022).

Con lo anterior expuesto existe un determinado grupo poblacional que demanda alimentos libres de gluten, influenciado al padecimiento de la enfermedad celíaca la cual, es una patología digestiva que produce daños en el intestino delgado, además de ser autoinmune, en el cual el sistema inmune del organismo ataca las células del intestino delgado al detectar la ingesta del gluten, produciendo daños en el mismo, debido a una respuesta inducida por el ingestión de alimentos que contienen gluten, esta proteína se encuentra de forma natural en el trigo, avena, cebada y centeno, siendo común en productos de panificación (Elizari Vidaurre, 2019).

Es por ello, que se ha generado un mercado interesante para la industria de alimentos para los consumidores intolerantes al gluten, aunque resulta desafiante obtener productos libres de gluten con características fisicoquímicas y sensoriales similares a los que contienen el gluten. La adición de gomas permite mejorar las características del pan mediante la formación de complejos hidrofílicos lo cual es una sustancia que tiene por afinidad por el agua con las proteínas del gluten, además de que ligan agua y disminuyen la migración de humedad en masa, comúnmente se utilizan gomas comerciales (goma xantana, goma arábica Por lo que, el objetivo de la investigación fue desarrollar un pan integral sin gluten a base de goma guar, goma xantana, semillas de chía y harina de teosinte (*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Desarrollar un pan integral sin gluten a base de goma guar, goma Xantana, semillas de chía y harina de teosinte (*Dioon mejiae* Standl & L.O. Williams).

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la obtención de la harina de teosinte a partir del secado y tamizado de las carióspsides.
- Validar la estandarización tecnológica del proceso de elaboración del pan integral a escala de laboratorio.
- Definir qué proporción de mezcla en hidrocoloides (goma guar y xantana) realizan la función tecnológica de sustitución del gluten en la harina de teosinte para la obtención de diferentes formulaciones.
- Evaluar las características organolépticas de las formulaciones obtenidas en la elaboración del pan integral, mediante pruebas hedónicas de cinco puntos estructurada de aceptación sensorial a escala de laboratorio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El gluten

De acuerdo al Codex Alimentarius (2008), el gluten es “la fracción proteica del trigo, centeno, cebada, avena, de sus variedades híbridas y sus derivados, al que algunas personas son intolerantes y es insoluble en agua y en (CINa) 0.5 N”. El gluten es un grupo de proteínas de determinados cereales que se dividen en dos fracciones: las prolaminas (gliadinas en el caso del trigo) y las glutelinas (glutelinas en el caso del trigo), ambas fracciones contribuyen significativamente en las propiedades reológicas de las masas, aunque sus funciones sean divergentes (Moreira y López San Román, 2005).

Las gliadinas hidratadas poseen elasticidad y son menos cohesivas que las gluteninas, contribuyen a la viscosidad y extensibilidad de la masa. En el caso de las gluteninas hidratadas son cohesivas y elásticas y contribuyen a la fuerza y elasticidad de la masa (Moreira y López San Román, 2005). Por otro lado, Moscoso y Quera (2015). Comentan que el gluten es un conjunto de proteínas que poseen algunos cereales como el trigo, la cebada, la avena y el centeno. En el trigo, el gluten contiene dos tipos de proteínas que son la gliadina y la glutenina, en la cebada las proteínas que causan la enfermedad se denominan hordeínas, y en el centeno, secalinas.

3.2. La enfermedad celíaca

Se define como una intolerancia permanente a determinadas proteínas (gluten) contenida en diversos cereales como lo son el trigo, la cebada, el centeno y la avena. Se caracteriza por una alteración del intestino delgado (Figura 1) con acortamiento de las microvellosidades intestinales. Produciendo un trastorno en la absorción de nutrientes (paso a la sangre desde el intestino). Los síntomas son variables, pero básicamente consiste en un cuadro de diarrea crónica con heces muy abundantes, pastosas, grasientas y maloliente, flatulencias, dolor abdominal, náuseas, sintomatología que puede venir acompañada con pérdida de peso considerable (Moreira y López San Román, 2005).

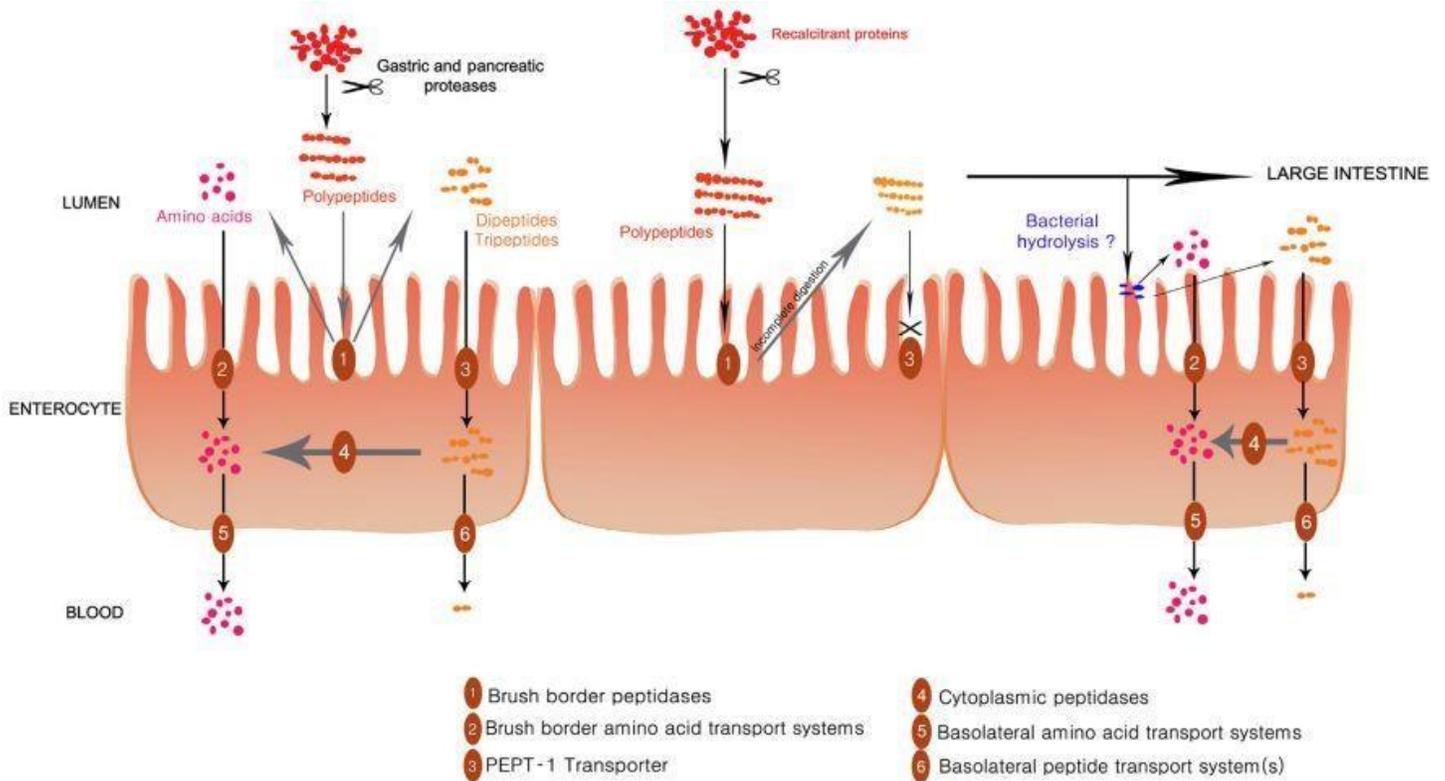


Figura 1. Esquemización del proceso de digestión y absorción de proteínas en el intestino delgado (Caminero et al 2014).

3.3. Mercado de los productos de panificación sin gluten

El aumento de la enfermedad celíaca ha derivado en un mayor compromiso con la alimentación sin gluten por parte de los fabricantes e industriales alimentarios. Con lo anterior, el aumento de las ofertas de productos sin gluten ha crecido influenciado a la mayor demanda de dichos productos; sin embargo, el aumento de la demanda no solo se debe al aumento de los casos de la enfermedad celíaca, sino por las tendencias en la sociedad en consumir productos sin gluten debido a que asocian la ausencia de la proteína a una dieta más saludable. Además, las variedades de cereales como el trigo, avena, centeno y cebada (TACC) cada vez se van mejorando biotecnológicamente para que contengan una mayor proporción de gluten ya que esta proteína provoca que la masa tenga mejores características tecnológicas en el proceso de panificación (Arroyo Vaquerizo, 2020).

3.3.1. Características de la oferta de productos sin gluten

De acuerdo con Federación de Asociaciones de Celíacos de España (FACE 2020). los productos sin gluten se clasifican de la siguiente manera:

- A. Genéricos:** alimentos que de forma natural no contienen gluten. No es necesario mencionarlo en la etiqueta. Son el agua, las verduras, las carnes, las legumbres, el pescado fresco, las hortalizas, la leche y los huevos.

- B. Convencionales:** alimentos que contienen gluten, pero pueden fabricarse sin él. Es el caso de los productos cocinados con salsas o los postres. Este tipo de alimentos deben ir acompañados de la indicación “sin gluten” en caso de que contenga menos de 20 mg/kg, la eliminación del gluten en un alimento es muy difícil dado que puede producirse contaminación durante el procesamiento.

C. Específicos: alimentos que contienen gluten de manera natural pero la industria los ha reformulado para eliminar dichas proteínas. Son productos aptos para celíacos, por ejemplo, las pastas, el pan o algunas bebidas, es imprescindible que lleven la indicación “sin gluten”.

D. No aptos: alimentos que contienen cereales con gluten o derivados, además de productos elaborados artesanalmente y/o granel.

3.4. Aplicación de hidrocoloides en la sustitución del gluten

Los hidrocoloides desde el punto de vista químico son macromoléculas hidrofílicas: hidratos de carbono de alto peso molecular y proteínas de diferente origen. Los primeros se pueden clasificar en diferentes grupos: exudados de vegetales, extractos de algas marinas, de frutas y de huesos, harina de leguminosas, obtenidos por fermentación o biosíntesis y los de síntesis química. Son capaces de modificar las propiedades reológicas, textura, actúan como estabilizantes, actúan como espesantes o gelificantes debido a que forma redes tridimensionales muy similares a la formación de mallas en el gluten que simulan la formación de la miga en el pan (Badui 2006; Linlaud, 2014).

Asimismo, los hidrocoloides son utilizados debido a que minimizan los defectos de productos naturales, incrementan la satisfacción sensorial y producen nuevos sistemas y productos alimenticios. En productos de panificación, estos compuestos al ser adicionados interactúan con las moléculas y gránulos de almidón gelatinizado, reducen la velocidad de recristalización y, por ende, retrasan el envejecimiento del pan. La velocidad de hidratación de los hidrocoloides y su funcionalidad dependen de factores como la temperatura, pH, naturaleza química de cada hidrocoloide, concentración, etapa y forma de incorporación al alimento, presencia de iones inorgánicos (Badui, 2006).

3.4.1. Hidrocoloides naturales

Los hidrocoloides son sustancias superficialmente activas (SSA) que interactúan con la tensión superficial de mezcla de sustancias, estas pueden ser de origen vegetal más empleados en la industria de alimentos son la carragenina, la pectina y la goma guar. Debido, a que los hidrocoloides son polisacáridos derivados de vegetales con una importante fuente de carbohidratos de la dieta humana. Este tipo de polisacáridos se dividen en dos clases, ambas muy importantes en la dieta y salud humana; la primera corresponde al almidón disponible, fuente principal de energía en las dietas siendo de fácil digestión en el intestino delgado, la segunda clase corresponde al almidón resistente (RS) y polisacáridos de la pared celular (o polisacáridos no amiláceos, NSP), principales componentes de la fibra dietaria, quienes son parcialmente digeribles o no digeribles, además que son fermentados por la microbiota intestinal (Vera Céspedes, 2019).

3.4.2. Hidrocoloides semisintéticos

En este grupo se pueden considerar aquellos extraídos naturalmente y modificados químicamente siendo el caso el alginato de propilenglicol (PGA) y pectina metoxilada. En esta categoría se incluyen hidrocoloides derivados de la celulosa, tales como la carboximetilcelulosa (CMC), la metilcelulosa, o la hidroxipropilcelulosa, las gomas de fermentación microbiano, como xantana y gelano; entre los almidones modificados están el carboximetil almidón e hidro propil almidón (Garbocci, 2022; Gutierrez Arce, 2015).

3.4.3. Hidrocoloides sintéticos

Los hidrocoloides sintéticos son sintetizados completamente por las industrias mediante materiales a base de derivados del petróleo, es decir mediante combinaciones químicas para obtener productos con estructura similar a los polisacáridos naturales. Dentro de los hidrocoloides sintéticos se encuentran los polímeros vinílicos de óxido de etileno como el polyox (Noguerol Meseguer, 2022; Garbocci, 2022).

3.5. Las gomas en panificación

La adición de gomas permite mejorar las características del pan mediante la formación de complejos hidrofílicos lo cual es una sustancia que tiene por afinidad por el agua con las proteínas del gluten, además de que ligan agua y disminuyen la migración de humedad en masa, comúnmente se utilizan gomas comerciales (goma xantana, goma arábica, goma guar y proteína de huevo texturizada.) que buscan retardar el envejecimiento del pan. Productos que son respaldados mediante pruebas científicas que confirman su efectividad en mantener la calidad del pan almacenado mediante la reducción de la retrogradación del almidón y el incremento en el volumen específico y la formación de canales alveolares, así como en la formación de la miga y la corteza del pan (Gutiérrez Arce, 2015).

3.5.1. La goma xantana

Es un polisacárido (Figura 2) obtenido por producción de la bacteria *Xanthomonas campestris* L., bacteria que infesta a muchas especies de crucíferas, causando la muerte de la planta, cuando la bacteria infecta una planta produce un polisacárido de alto peso molecular conocido como goma xantana. El proceso de producción de la goma comprende obtener e inóculo, pre-inocular, pasteurizar, eliminar las células, precipitar, separar y finalmente secar la goma. El crecimiento del microorganismo y la producción de la goma se ven influenciados por factores tales como el tipo de reactor, el modo de funcionamiento (por lotes o continua), la composición del medio y las condiciones del cultivo (temperatura, pH y concentración de oxígeno disuelto) (Luvielmo y Scamparini, 2009).

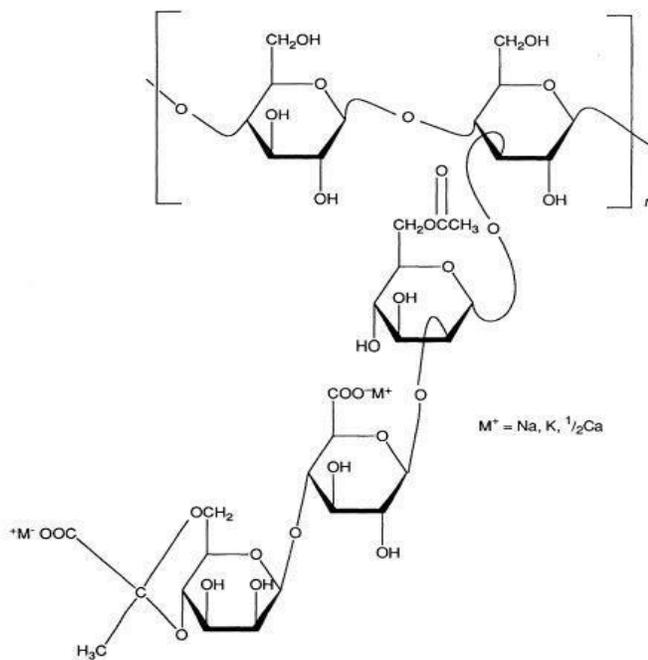


Figura 2. Estructura de la goma xantana (Kang y Pettit, 1993).

A. Características

Las soluciones de goma xantana se caracterizan en sus características reológicas por ser altamente pseudopolíticas, es decir que la viscosidad aparente disminuye radicalmente con el aumento de la velocidad de cizalla. Su pseudoplasticidad es atribuida a la formación de agregados complejos involucrando puentes de hidrógeno y enredos poliméricos (Ospina Casas, 2016).

3.5.2. La goma guar

La goma guar, polisacárido (Figura 3) producido a partir del endospermo de semillas de *Cyamopsis tetragonolobus* L., es altamente viscosa a bajas concentraciones, es estabilizante y tiene alta capacidad para mejorar la tolerancia de las mezclas, prolongar el almacenamiento del producto por su propiedad de retención de humedad y para prevenir la sinéresis en los productos alimenticios congelados. Investigadores han demostrado que la mezcla de hidrocoloides como xantana y goma guar, podría promover un efecto sinérgico de aumento de las capacidades de viscosidad y gelatinización de la masa. (Aurica But, 2015).



Figura 3. Estructura química de la goma guar (Castañeda Ovando, 2019).

A. Características

La goma guar es un polisacárido con amplias aplicaciones industriales, debido a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con el agua, lo que hace posible la formación de hidrogeles, en alimentos es usada a bajas concentraciones (1g/100 g.), ya que presenta alta viscosidad. Por su acentuada capacidad espesante está difundida como aditivo alimentario, estabilizante, espesante y emulsionante (Castañeda Ovando, 2019).

Goma guar de acuerdo al Codex

CODEX STAN 192-1995

226

Cuadro I

No. Cat. alim	Categoría de alimento	Dosis máxima	Notas	Año Adoptada
05.2	Dulces, incluidos los caramelos duros y blandos, los turrone, etc. distintos de los indicados en las categorías de alimentos 05.1, 05.3 y 05.4	BPF	3 & XS309R	2017
05.3	Goma de mascar	BPF	3	2003
05.4	Decoraciones (p. ej. para productos de pastelería fina), revestimientos (que no sean de fruta) y salsas dulces	BPF		2003
07.2	Productos de panadería fina (dulces, salados, aromatizados) y mezclas	BPF	3	2001
13.6	Complementos alimenticios	BPF	3	2001
14.1.5	Café, sucedáneos del café, té, infusiones de hierbas y otras bebidas calientes a base de cereales y granos, excluido el cacao	BPF	108	2001

GOMA TARA

SIN 417

Goma tara

Clases Funcionales: Agentes gelificantes, Estabilizadores, Espesantes

No. Cat. alim	Categoría de alimento	Dosis máxima	Notas	Año Adoptada
01.2.1.1	Leches fermentadas (naturales / simples) sin tratamiento térmico después de la fermentación	BPF	234 & 235	2013
01.2.1.2	Leches fermentadas (naturales / simples) tratadas térmicamente después de la fermentación	BPF	234	2013
01.2.2	Cuajada (natural / simple)	BPF		2013
01.4.1	Nata (crema) pasteurizada (natural / simple)	BPF	236	2013
01.4.2	Natas (cremas) esterilizadas y UHT, natas (cremas) para batir o batidas y natas (cremas) de contenido de grasa reducido (naturales / simples)	BPF	236	2013
06.4.2	Pastas y fideos deshidratados y productos análogos	BPF	256	2014
08.1.1	Carne fresca, incluida la de aves de corral y caza, en piezas enteras o en cortes	BPF	16 & 326	2015
08.1.2	Carne fresca picada, incluida la de aves de corral y caza	BPF	281	2015
09.2.1	Pescado, filetes de pescado y productos pesqueros congelados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF	73, XS36, XS92, XS95, XS165, XS190,	2017

Goma xanta de acuerdo al Codex

GOMA XANTANA

SIN 415 Goma xantana Clases Funcionales: Emulsionantes, Espumantes, Estabilizadores, Espesantes

No. Cat. alm	Categoría de alimento	Dosis máxima	Notas	Año Adoptada
01.1.2	Otras leches líquidas (naturales / simples)	BPF	407 & 438	2019
01.2.1.1	Leches fermentadas (naturales / simples) sin tratamiento térmico después de la fermentación	BPF	234 & 235	2013
01.2.1.2	Leches fermentadas (naturales / simples) tratada térmicamente después de la fermentación	BPF	234	2013
01.2.2	Cuajada (natural / simple)	BPF		2015
01.4.1	Nata (crema) pasteurizada (natural / simple)	BPF	236	2013
01.4.2	Natas (cremas) esterilizadas y UHT, natas (cremas) para batir o batidas y natas (cremas) de contenido de grasa reducido (naturales / simples)	BPF		2013
04.2.2.7	Productos a base de hortalizas (incluidos hongos y setas, raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas y ñoe vera) y algas marinas fermentadas, excluidos los productos fermentados de soja de las categorías 06.8.6, 06.8.7, 12.9.1, 12.9.2.1 y 12.9.2.3	BPF		2013
06.4.1	Pastas y fideos frescos y productos análogos	BPF	211	2014
06.4.2	Pastas y fideos deshidratados y productos análogos	BPF	256	2014
08.1.1	Carne fresca, incluida la de aves de corral y caza, en piezas enteras o en cortes	BPF	16 & 326	2015
08.1.2	Carne fresca picada, incluida la de aves de corral y caza	BPF	281	2015
09.2.1	Pescado, filetes de pescado y productos pesqueros congelados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF	391, XS36, XS92, XS95, XS190, XS191, XS292, XS312 & XS315	2017
09.2.2	Pescado, filetes de pescado y productos pesqueros rebozados congelados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF	177	2014
09.2.3	Productos pesqueros picados, mezclados y congelados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF		2014
09.2.4.1	Pescado y productos pesqueros cocidos	BPF	241 & 327	2015
09.2.4.3	Pescado y productos pesqueros fritos, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF	41	2015
09.2.5	Pescado y productos pesqueros ahumados, desecados, fermentados y/o salados, incluidos los moluscos, crustáceos y equinodermos	BPF	300, XS167, XS189, XS222, XS236, XS244 & XS311	2018
10.2.1	Productos líquidos a base de huevo	BPF		2014
10.2.2	Productos congelados a base de huevo	BPF		2014
11.4	Otros azúcares y jarabes (p. ej. xilosa, jarabe de arce y aderezos de azúcar)	BPF	258	2014
12.1.2	Sucedáneos de la sal	BPF		2014
13.1.3	Fórmulas (preparados) para usos médicos especiales destinados a los lactantes	1000 mg/kg	381, 588 & 551	2023

3.6. El teosinte

Es una planta nativa de Honduras empleada desde hace épocas prehispanicas, morfológicamente posee tallos arborescentes, la semilla (Figura 4) es color blanco con apéndice en la parte externa de la calabaza, la planta se encuentra Honduras, originaria del departamento de Olancho, Yoro y Colón donde se encuentra la mayor parte. Es empleada para la alimentación para la elaboración de comidas típicas, siendo utilizada más en panificación (Herrera Antúnez, Marcia Fuentes, 2022; Bastias Montes, 2020).



Figura 4. Semilla de teosinte (Feria del teosinte Saguay 2023).

Cuadro 1. Composición nutricional del teosinte envase a 100g.

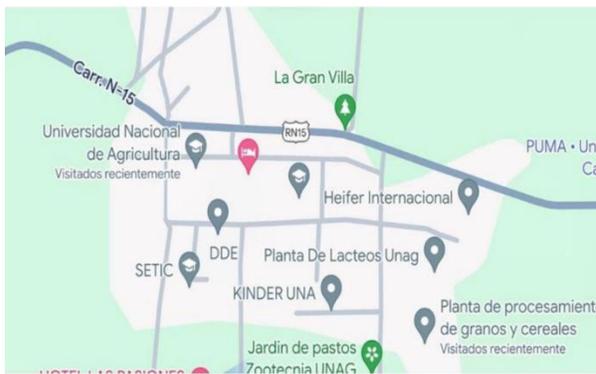
Parámetros	Unidad de medida
Humedad	9,7
Cenizas	2,7
Proteínas	9,6
Grasas	1,1
Fibra	8,5
Carbohidratos totales	76,9
pH	7.5(26.7 °C)
Actividad de agua	1.5
Energía	356,3 kcal/100 g.
TOTAL	100%

Fuente: (Antúnez, 2022).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Lugar de investigación

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Agricultura, el proceso de fabricación de la harina de teosinte se realizó en la planta procesadora de granos y cereales y en la planta de hortofrutícola, fue donde se nixtamalizó, se deshidrató y se molió, en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Tecnológicas se realizó el pan y la evaluación sensorial (Figura 5).



Ubicación



Laboratorio de evaluación sensorial de la facultad de ciencias tecnológicas.

Figura 5. Laboratorio de evaluación sensorial, Facultad de Ciencias Tecnológicas (fuente propia, 2023).

4.2. Materiales y equipo

Material vegetal y animal: el proceso de fabricación de la harina de teosinte fue basado en la metodología de (Herrera Antúnez, 2022), el teosinte fue cosechado en el municipio de Gualaco, Olancho, Las minas Olanchito, Yoro y Guata, Olancho haciéndose, Honduras. Las semillas fueron tratadas con agua y cal viva, se realizó una cocción mediante hidrolisis alcalina, seguido se realizó el secado a temperatura ambiente colocándolas en bandejas de acero inoxidable; luego se realizó el proceso de deshidratado a contracorriente en flujo convectivo de aire con calor seco en un deshidratador industrial (Source) de bandejas de acero inoxidable y control de tiempo y temperatura a 55 °C, por 5 horas.

Registrando la humedad antes y después del proceso empleando un medidor de humedad Jhon Deere finalizado el proceso serán trituradas empleando un molino de discos de 5 caballos de potencia (5hp), para la obtención de la harina, la cual fue tamizada empleando un tamiz # 8 para obtener tamaño de partícula de 150(μm) y empacada en bolsas plásticas especiales en una envasadora al vacío industrial. La adquisición de la goma guar y xantana fue obtenida a través de una página de internet, y el resto de materias primas requeridas fueron obtenidas en la ciudad de Catacamas (Herrera Antúnez, 2022).



Figura 6. Harina de teosinte. (fuente propia, 2023).

Materiales complementarios: bandejas de hornear, mesas, sartenes de cocina, cucharas de acero inoxidable, estufa, horno, cuchillos de acero inoxidable, papel toalla.

Equipos e instrumentos: balanza analítica, termómetro, soporte, beaker, amasadora, horno convectivo a gas marca Venancio carritos, cronómetro, gabacha, botas, guantes y reddecilla.

4.3. Metodología

La investigación se desarrolló en cuatro fases, las cuales se describen a continuación:



Figura 7. Proceso de desarrollo de la investigación.

El proceso de desarrollo se describe a continuación:

4.4. Fase I: Obtención de la harina de teosinte a partir del secado y tamizado de las cariósides.

El proceso de obtención de harina de teosinte se llevó a cabo siguiendo el método utilizado por Herrera (2022) quien menciona que las bellotas se cosechan considerando su índice de madurez el cual se identifica un cambio en la coloración de las mismas, secado del pedúnculo y tamaño, luego se rompieron sus cariósides, separando el exocarpio del pericarpio, endospermo y germen, seguidamente se cortaron en laminas delgadas, se rayaron y se sumergieron en una solución de agua al 0.5% de ácido cítrico para evitar pardeamiento enzimático con el fin de lograr una correcta conjugación de los ingredientes.

4.4.1. Diagrama del proceso de obtención de la harina integral de teosinte para la elaboración del pan molde.

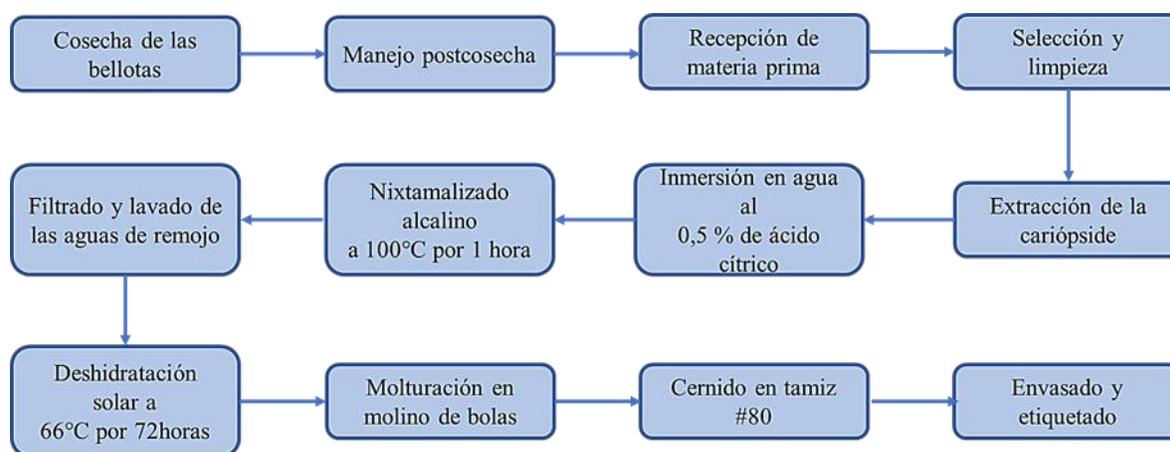


Figura 8: Diagrama del proceso de obtención de la harina integral de Tomado de Herrera (2022).

4.4.2. El proceso para la elaboración de pan integral libre de gluten

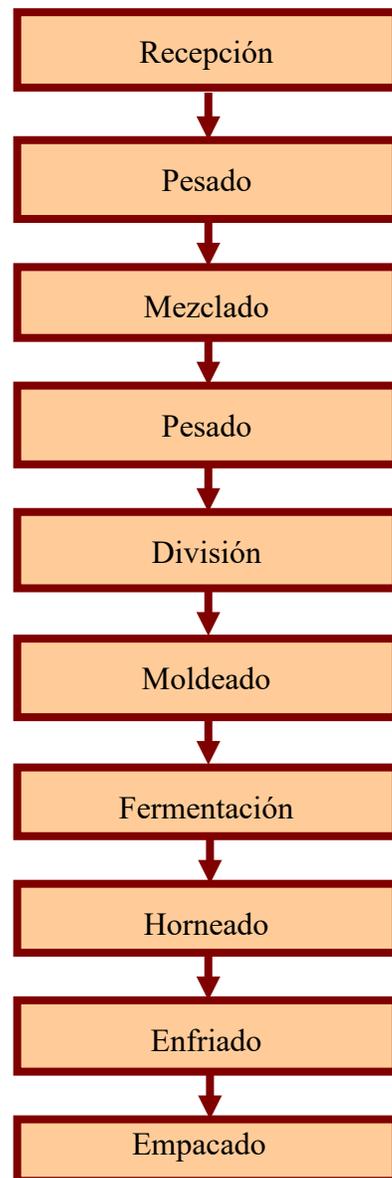


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de pan integral libre de gluten (Gutierrez Arce 2015).

4.4.3. Descripción del proceso:

Recepción de materia prima: se realizó la recepción de los ingredientes para verificar la calidad de los mismos, con el fin de obtener un producto final de buena calidad.

- **Pesado:** verificado el estado de los ingredientes, se realizó el pesaje con las concentraciones preestablecidas esto se empleó con una balanza analítica con un margen de error de 0.5g.
- **Mezclado:** los ingredientes fueron vertidos en la amasadora, disolviendo la azúcar y sal en poca agua, incorporando en tiempos constantes el resto de ingredientes. Al final se adiciono la margarina y gomas (Xantana y Guar) por un tiempo de 10-12 minutos se empleó en una amasadora industrial de espiral a un régimen 120 revoluciones por minuto (RPM).
- **Pesado:** obtenida la masa del pan integral, fue pesado para obtener proporciones iguales para unidad de pan.
- **División:** la masa fue cortada en proporciones iguales.
- **Moldeado:** las unidades de masas, previamente pesadas fueron sometidas al boleado, formateado y moldeado.

- **Fermentación:** las unidades de masa, fueron colocadas en bandejas de acero inoxidable, y luego en carritos, para posteriormente someterlos a proceso de fermentación durante 40 minutos a una temperatura de 35 °C.
- **Horneado:** finalizado el proceso de fermentación, las masas fueron sometidas a cocción a una temperatura de 300 °C por 20 minutos.
- **Enfriado:** finalizado el horneado, los panes fueron enfriados a temperatura ambiente este se realizará con el fin de que el agua en forma de vapor se disipe para prevenir contaminación por hongos moho y levaduras.
- **Empacado:** los panes se empacaron en bolsas de plástico, y almacenados a temperatura ambiente con el fin de aislarlo de la humedad ambiental de 3 a 5 días ya que es un producto perecedero.

4.5. Fase II: Validar la estandarización tecnológica del proceso de elaboración del pan integral a escala de laboratorio

Se realizo en la universidad nacional de agricultura con el fin de tener el resultado esperado por medio de los jueces que serán los asesores.

4.6. Fase III: Se determino que proporción de mezcla en hidrocoloide (goma guar y goma xantana).

Los hidrocoloides desde el punto de vista químico son macromoléculas hidrofílicas: hidratos de carbono de alto peso molecular y proteínas de diferente origen. En la elaboración del pan los hidrocoloides en los porcentajes fueron de 0%, 5%, 10%, y 15% donde Los primeros se pueden clasificar en diferentes grupos: exudados de vegetales, extractos de algas marinas, de frutas y de huesos, harina de leguminosas, obtenidos por fermentación o biosíntesis y los de

síntesis química. Son capaces de modificar las propiedades reológicas, textura, actúan como estabilizantes, actúan como espesantes o gelificantes debido a que forma redes tridimensionales muy similares a la formación de mallas en el gluten que simulan la formación de la miga en el pan (Badui 2006; Linlaud, 2014).

4.7. Fase IV: Pruebas Organolépticas

La evaluación de las características organolépticas de las diferentes formulaciones, se evaluaron mediante análisis sensorial a escala piloto, en el cual se evaluarán características organolépticas como textura, color, aroma, aceptabilidad general, se utilizarán 50 jueces afectivos de forma aleatoria con edades comprendidas entre los 17 años a 50 años donde solo aplicaba para el personal y no los estudiantes de la universidad Nacional de Agricultura debido a que provoca sesgo en la investigación. Se utilizo una escala hedónica de siete puntos (Tabla 2), siendo 1 la puntuación más baja y 5 la puntuación más alta que recibió cada formulación según la preferencia de los jueces.

Cuadro2. Escala hedónica de cinco puntos.

<i>Puntaje</i>	<i>Significado</i>
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta ligeramente
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta ligeramente
5	Me gusta mucho

Las escalas JAR son ampliamente utilizadas en el desarrollo de nuevos productos, como técnica de investigación de consumidores. Se emplean para identificar si los atributos presentes en el alimento están bien optimizados o si, por el contrario, necesitan subir o bajar de intensidad. En esta técnica se utilizan escalas para los diferentes atributos, en donde los consumidores tienen que decir si cada atributo está en el punto ideal, o si le falta o le sobra intensidad. (fuente María Espinoza Manfugás 2017).

En este análisis se suelen combinar las escalas de atributos que acabamos de comentar, con escalas hedónicas, como las de aceptación global o con escalas de intención de compra. De esta forma, se pueden obtener resultados más completos y sacar conclusiones más sólidas, sabiendo cómo afecta el hecho de que un atributo no esté bien optimizado a la aceptación global o a la decisión de compra. No obstante, no está claro si la valoración de la aceptación global se ve influida por la valoración de los atributos, ya que, un consumidor podría asignar un valor a la aceptación global si solo valora eso y dar un valor diferente a la aceptación global. (fuente María Espinoza Manfugás 2017).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I: Obtención de la harina de teosinte a partir del secado y tamizado de las cariósides.

<i>Materia prima</i>	<i>Límite mínimo (%)</i>	<i>Límite máximo (%)</i>
Goma Guar	10	10
Harina de teosinte	60	60
Goma Xantana	10	10
Margarina	5	5
Azúcar glas	10	15
Huevos	4	4
Semillas de chía	5	5
Sal	1	1
Levadura	1	1

Cuadro 3. Límites máximos y mínimos en la elaboración de pan integral libre de gluten.

El proceso de obtención de harina de teosinte se llevó a cabo siguiendo el método utilizado por Herrera (2022) quien menciona que las bellotas se cosecharon considerando su índice de madurez el cual se identifica un cambio en la coloración de las mismas, secado del pedúnculo y tamaño, luego se rompieron sus cariósides, separando el exocarpio del pericarpio, endospermo y germen, seguidamente se cortaron en laminas delgadas, se rayaron y se sumergieron en una solución de agua al 0.5% de ácido cítrico para evitar pardeamiento enzimático (Tabla 3), con el fin de lograr una correcta conjugación de los ingredientes (anexo1).

Fase II: validación del proceso

Se realizaron pruebas de perfil, donde el puntaje máximo eran 10 puntos para el atributo del Aroma, sabor, color y textura, siendo la sumatoria de los cuatro atributos el que da el perfil de calidad, donde quedó reflejado en la siguiente tabla.

Cuadro de Aceptación

	Aroma	Sabor	Color	Textura
T1	71	66	72	64
T2	82	81	85	88
T3	47	51	56	56
T4	44	30	29	38

Cuadro 4. Aceptación en los atributos sensoriales evaluados.

Los jueces determinaron que la formulación de la sustitución del 10 % de gomas naturales (goma guar y goma xantana) de sustitución por harina integral de teosinte en los atributos de color, sabor, olor y textura, fue la que obtuvo el perfil de calidad en comparación a las demás muestras presentadas. Validación de procesos: Evidencia documentada la cual proporciona un alto grado de seguridad que un proceso específico resultará consistentemente en un producto que reúne sus especificaciones predeterminadas y sus características de calidad. Referencia: Geneva. Who technical reporte series 937 Geneva 2006.

Fase III: determinar que proporción de mezcla en hidrocoloide de mezcla en hidrocoloide (goma guar y goma Xantana).

Puntajes de aceptación de los atributos sensoriales de las formulaciones de pan molde integral.

	Atributos				
	Color	Sabor	Aroma	Textura	Aceptabilidad
T2	4.38±0.69 ^A	4.06±0.76 ^A	4.08±0.93 ^A	4.26±0.69 ^A	4.4±0.60 ^A
T4	1.92±0.86 ^B	1.48±0.54 ^B	2.20±1.00 ^B	1.44±0.57 ^B	1.46±0.54 ^B

Cuadro 5. Comparación de medias en los atributos evaluados.

*T2 corresponde a los resultados de aceptabilidad de los atributos de color, sabor, aroma y textura y aceptabilidad en general de la formulación de pan molde integral con el 10 % de sustitución de Gomas naturales y 5 % de semillas de chía; T4 corresponde al pan molde integral menos aceptado. Los resultados han sido expresados en valores de medias ± con sus respectivas desviaciones estándar.

Estas dos formulaciones no se comparan con las otras formulaciones porque los jueces de la Universidad Nacional de Agricultura dieron como resultado que la mejor formulación para sustituir gomas naturales por la harina integral de trigo era la del 10 % de sustitución de estas mismas.

5.1. Índice de aceptabilidad

Resultados promedios de pruebas organolépticas en el proceso de elaboración de pan molde integral evaluado por panel de 50 jueces.

Fase IV: Pruebas Organolépticas

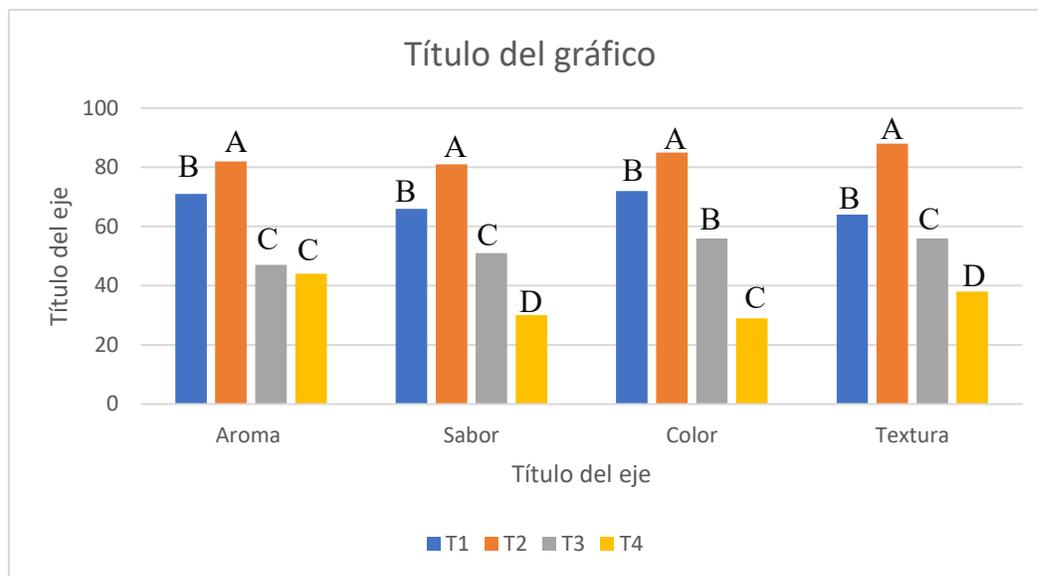


Figura 10. Índice de aceptación.

Según los resultados de (Bastias Montes) muestran que la harina de esta especie cicadas es un alimento c calórico y con un alto contenido de carbohidratos totales que se componen principalmente de almidón, destacando su alto contenido en amilopectina (relación 2:1 amilasa) así como su alta concentración de almidón resistente (más de 50%). La concentración de proteínas de harina de teosinte era similar a la de los cereales,

que incluían ácido glutámico, leucina y especialmente lisina aportando más de 25% de estos aminoácidos esenciales para un adulto de 70 kg. Alrededor del 75% de fibra dietética total era insoluble (Bastias Montes, y otros, 2020).

Los gránulos de almidón (amiloplastos) tenían una morfología ovoide y un diámetro aproximada de 13 µm. Cuanto a los minerales la harina de teosinte tuvo un mayor contenido de Fe una mayor concentración de Na y un contenido similar de Zn, Ca y P que otros tipos de harina de cereales (Bastias Montes y otros 2020).

El gráfico anterior se muestra que se realizaron pruebas organolépticas de cuatro tratamientos donde se evaluaron cuatro variables que son Aroma, sabor, color y textura donde hubo una diferencia estadísticamente significativa ya que el tratamiento aceptado por los consumidores fue el T2 a lo contrario del T4 que fue el que menos aceptación tuvo (anexo 3).

VI. CONCLUSIONES

La harina de teosinte nixtamalizada muestra un rendimiento harinero similar al trigo dicha harina posee potenciales efectos en capacidad antioxidante para sistemas biológicos como ser en este caso la elaboración de un pan molde.

Se transformaron las semillas de teocinte en harina integral con 60% de rendimiento, para el pan molde mediante el procedimiento descrito en este trabajo para el desarrollo del pan molde con chía y con los dos tipos de gomas naturales (goma guar y goma xantana) en sustitución de la harina de teosinte.

Se desarrollo un pan molde integral con 10% de sustitución de gomas naturales (Goma guar y Goma xantana) por harina integral de teosinte y 5 % de semillas de chía, con calidad sensorial entre excelente y muy buena, obteniéndose un puntaje promedio de 6.09 puntos de 5 posibles a comparación de un pan con 0% de gomas naturales el cual no tuvo aceptación sensorial por los panelistas.

Se desarrollo un pan molde a partir de harina de teosinte donde se implementaron dos tipos de gomas naturales con la misma concentración entre ellas, utilizando diferentes porcentajes en cada formulación donde el T2 con 10% de gomas obtuvo la mayor aceptación en cuanto a los atributos sensoriales los cuales se evaluaron el aroma, color, sabor y textura.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que al momento de someter el pan molde a cocción sea a una temperatura de (30 min, 300°C) debido a que esto es un factor que influye bastante en la calidad del producto.
2. Se recomienda el buen manejo postcosecha ya que el teosinte si no se realiza en el tiempo adecuado la obtención de la harina, puede haber un crecimiento de moho.
3. Hacerle estudios fisicoquímicos al pan.

BIBLIOGRAFÍA

Arroyo Vaquerizo, P. 2020. Análisis del mercado de los productos sin gluten en España. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. 71 p.

Aurica But, C. 2015. Obtención de panes libres de gluten: Efecto estructural de distintos hidrocoloides sobre masas panarias de maíz. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. México, Pearson Education.

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. *Agronomy* 10(4):481. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040481>.

Benavides Bolaños, GA; Recalde Centeno, JM. 2007. Utilización de Okara se soya como enriquecedor en galletas integrales edulcoradas con panela y azúcar morena. Ibarra, Ecuador, Universidad Técnica del Norte. .

Caminero, A; Nistal, E; R. Herrán, A; Pérez Andrés, J; Vaquero; Vivas, S; Ruíz de Morales, JM; Casquero, J. 2014. Gluten metabolism in Humans: Involvement of the gut microbiota.

:157-170. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401716-0.00013-1>.

Castañeda Ovando, A; González Aguilar, LA; Granados Delgadillo, MA; Chávez Gómez, UJ. 2019. Goma guar: Un aliado en la industria alimentaria. 7(14):107-111.

Codex Alimentarius. 2008. Norma del Codex Alimentarius relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten. s.l., s.e.

Elizari Vidaurre, A. 2019. Desarrollo de un snack horneado sin gluten con harinas de maíz, quinoa y arroz. Urtarrilla, Universidad Pública de Navarra. 69 p.

Federación de Asociaciones de Celíacos de España. (2020). Informe de precios sobre productos sin gluten 2020 (en línea). Madrid, FACE. Disponible en <https://celiacos.org/wpcontent/uploads/2020/02/Informe-de-precios-de-productos-sin-gluten-2020.pdf>.

Garbocci, B. 2022. Hidrocoloides presentes en algas marinas y su interacción con proteínas de origen animal (en línea). s.l., Universidad de La Plata. 108 p. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/146094/Documento_completo.pdf?sequence=1.

Gutierrez Arce, AG. 2015. Efecto de la adición de goma xantana, goma guar y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en pan tipo pita integral. Trujillo, Perú, Universidad Privada Antenor Orrego. 120 p.

Kang, KS; Pettit, DJ. 1993. Xanthan, Gellan, Welan and Rhamsan. San Diego, California, s.e. p. 341-397.

Linlaud, N. 2014. Efecto de distintos hidrocoloides sobre la microestructura de la masa y su relación con la calidad de productos de panificación (en línea). s.l., Universidad Nacional de la Plata. . Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/41172/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Luvielmo, M; Scamparini. 2009. Goma xantanaa: produção, recuperação, propriedades e aplicação. 5(50.67).

Marcia, J; Sosa, L; Herrera, R. 2022. Toxicidad aguda oral y actividad antioxidante de la harina de las semillas de teosinte (*Dion mejiae*). Bionatura 7(3):1-8. DOI: <https://doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.5>.

Moreira, VF; López San Román, A. 2005. Enfermedad celiaca. 97:672.

Moscoso, F; Quera, R. 2015. Enfermedad celiaca: Revisión. 5:613-627.

Noguerol Meseguer, AT. 2022. Desarrollo de preparados texturizantes Clean Label (en línea). Valencia, España, Universidad de Valencia. 292 p. Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/183186>.

Ospina Casas, KG. 2016. Estudio de la interacción de hidrocoloides empleandos en alimentos y su efecto en las propiedades reológicas y de textura sensorial e instrumental. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 81 p.

Rodríguez Sandoval, E; Sandoval Aldana, A; Ayala Aponte, A. 2003. Hidrocoloides naturales de origen vegetal. .

Stauffer, C. 1990. Functional Additives for Bakery Food Van Nostrand Reinhold. .

Vera Céspedes, NC. 2019. Estudio comparativo de las propiedades físicas de distintos hidrocoloides en un sistema de digestión in vitro (en línea). Santiago, Chile, Unversidad de Chile. 119 p. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/172800/Estudio-comparativo-de-laspropiedades-fisicas-de-distintos-hidrocoloides-en-un-sistema-de-digestion-invitro.pdf?sequence=1>.

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de la harina de teosinte a partir del secado y tamizado de las cariósides.



Cosecha de las bellotas



pelado



Selección y limpieza



Extracción de la carióspside



Nixtamalizado alcalino a
100°C por 1 hora



Deshidratación solar a 66°C
por 72 horas



Harina finalizada

Anexo 2. Preparación del pan molde.



Pesaje de la materia prima



Amasado de la harina



Reposo de la harina



Colocar en el molde



Horneado



enfriado



Fin del producto

Anexo 3. Análisis sensorial con jueces consumidores del pan integral.

