



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
campus Zacatecas**

Ingeniería en alimentos

“Desarrollo y estudio nutricional de una galleta elaborada con harina de vainas de mezquite y sorgo”

Curricular

**Que para obtener el grado de Licenciatura en
INGENIERO EN ALIMENTOS**

Presenta:

Humberto Antonio Maldonado De la Cruz

Asesora del proyecto:

Dra. en C. Carolina Estefanía Chávez Murillo

Revisores del proyecto:

M. en C. Oscar Javier Ramos Herrera

Q. en A. Martha María Macías Ramos



Zacatecas, Zac., Noviembre de 2022



Folio
UPIIZ/ESA/518/2022

2022, Año de Ricardo Flores Magón
100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
50 Aniversario de la UPIICSA
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CIIDIR, Unidad Sinaloa

Asunto
DESIGNACIÓN DE ASESORES

Zacatecas, Zac., a 08 de noviembre de 2022

C. HUMBERTO ANTONIO MALDONADO DE LA CRUZ

INGENIERÍA EN ALIMENTOS
BOLETA: 201867022198
GENERACIÓN: 2017-2022
PRESENTE

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que la **Dra. En C. Carolina Estefanía Chávez Murillo**, sea su **Asesora**, en el tema que propone usted a desarrollar como prueba escrita de la opción de titulación **Curricular**, con el título y contenido siguiente:

"Desarrollo y estudio nutricional de una galleta elaborada con harina de vainas de mezquite y sorgo".

Se concede un plazo de máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el jurado asignado.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN
SEGUIMIENTO ACADÉMICO

L.C. María Monserrat Saldaña Noriega
Jefa del Departamento de Evaluación
y Seguimiento Académico



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA CAMPUS ZACATECAS
DIRECCIÓN

DR. Fernando Flores Mejía
Director de la UPIIZ





Folio
UPIIZ/ESA/521/2022

2022, Año de Ricardo Flores Magón
100 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
50 Aniversario de la UPIICSA
50 Aniversario del CECyT 10 "Carlos Vallejo Márquez"
25 Aniversario del CIECAS, CIITEC y del CIIDIR, Unidad Sinaloa

Asunto
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C. HUMBERTO ANTONIO MALDONADO DE LA CRUZ
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
BOLETA: 201867022198
GENERACIÓN: 2017-2022
PRESENTE

Zacatecas, Zac., a 09 de noviembre de 2022

El suscrito tengo el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el trabajo de titulación que presenta con fines de titulación denominada:

"Desarrollo y estudio nutricional de una galleta elaborada con harina de vainas de mezquite y sorgo".

Se determinó que el citado **Trabajo de Titulación**, reúne los requisitos para **autorizar** la impresión y proceder a la presentación del Examen Profesional debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se hicieron.

DRA. EN C. CAROLINA ESTEFANÍA CHÁVEZ MURILLO

Autorización de uso de obra

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Presente

Bajo protesta de decir verdad el que suscribe **Humberto Antonio Maldonado De la Cruz**, estudiante del programa de **Ingeniería en alimentos**, con número de boleta **2018670221**, adscrito a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas; manifiesto ser autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“Desarrollo y estudio nutricional de una galleta elaborada con harina de vainas de mezquite y sorgo”** en adelante **“El Trabajo de Titulación”** y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el Artículo 27 Fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo al Instituto Politécnico Nacional, en adelante el **“IPN”**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales **“El Trabajo de Titulación”** por un periodo **indefinido** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso al **“IPN”** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **“El IPN”** deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de **“El Trabajo de Titulación”**

Adicionalmente, y en mi calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de **“El Trabajo de Titulación”**, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de **“El Trabajo de Titulación”**, por lo que deslindo de toda responsabilidad a **“El IPN”** en caso de que el contenido de **“El Trabajo de Titulación”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Zacatecas, Zac., a 18 de noviembre del 2022.

Atentamente



Humberto Antonio Maldonado De la Cruz

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quisiera agradecer a mi asesora la **Dra. en C. Carolina Estefanía Chávez Murillo**, quien todos los días me motivó para poder llevar a cabo el proyecto, me brindó el conocimiento, la ayuda y las herramientas necesarias para llegar a su conclusión.

Asimismo, quiero agradecer al **M. en C. Oscar Javier Ramos Herrera**, por compartir sus conocimientos, quien siempre buscó la forma de brindarme su ayuda para poder mejorar las técnicas en el laboratorio y por quedarse hasta tarde, dando de su valioso tiempo para poder concluir con el proyecto; agradecerle también a la **Q. en A. Martha María Macías Ramos** por compartir sus conocimientos como revisor ayudando a hacer aportaciones para mejorar el proyecto; al **Ing. Juan Armando Chávez Rosales** por darme su apoyo incondicional para el uso del laboratorio al igual que de su conocimiento para poder utilizar los equipos y obtener los resultados.

También quiero agradecer a Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación y a los docentes que me fueron desarrollando cada día con sus conocimientos.

Quiero agradecer a mi familia, por el apoyo que me brindaron desde que inicie con la carrera. En especial, quiero agradecer a mis padres **Claudia Guadalupe de la Cruz Torres** y **Marcelino de Jesús Maldonado Macías**, que estuvieron ahí para cuando más los necesitaba por los abrazos y las palabras reconfortantes que me llenaban de energías.

Agradecer de todo corazón a mis amigos **Jorge, Erick, Lupita, Maritza** y de manera especial a mi mejor amiga **Julieta Murillo Romero** quien me apoyó desde los inicios de mi trayectoria académica y ahora me estuvo apoyando de manera desinteresada en este proyecto.; Le agradezco mucho a Dios que me los puso en el camino.

Y por último a todas aquellas personas que se involucraron a lo largo de mi trayectoria como estudiante de la carrera de ingeniería en alimentos, por haberme hecho conocer mis errores y defectos.

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	iii
Índice de cuadros	iv
Símbolos y/o nomenclaturas.....	v
Resumen	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 El mezquite	2
2.1.1 Generalidades	2
2.1.2 El mezquite en México	2
2.1.3 <i>Especie Prosopis laevigata</i>	3
2.1.4 Estructura de la vaina de mezquite	4
2.1.5 Composición nutricional de la vaina de mezquite.....	5
2.2 Sorgo.....	5
2.2.1 Generalidades	5
2.2.2 Estructura de la planta de sorgo.....	6
2.2.3 Principales estados productores de sorgo en México	6
2.2.4 Valor nutritivo del sorgo	7
2.2.5 Beneficios del uso de sorgo para consumo humano.....	7
2.3 La manzana	8
2.3.1 Valor nutritivo de la manzana	8
2.4 Harinas compuestas	8
2.5 Galleta.....	9
2.6 Ingredientes funcionales en galletas	10
2.7 Capacidad antioxidante.....	10
2.8 Alimento funcional	10
III. JUSTIFICACIÓN.....	11
IV. HIPÓTESIS	12
V. OBJETIVOS.....	12
5.1 Objetivo general:.....	12
5.2 Objetivo específico:	12
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1 Elaboración de la harina de mezquite	12

6.2	Elaboración de la harina de sorgo.....	13
6.3	Elaboración de puré de manzana	13
6.4	Elaboración de la galleta.....	14
6.5	Análisis proximal.....	14
5.5.1	Humedad.....	14
5.5.2	Cenizas.	14
5.5.3	Lípidos.....	15
5.5.4	Proteínas.	15
5.5.5	Fibra dietética total.....	16
5.5.6	Carbohidratos.	16
6.6	Capacidad antioxidante.....	17
6.7	Evaluación del color	18
6.8	Evaluación sensorial	18
VII.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	18
7.1	Determinación de formulación de las galletas.....	18
7.2	Composición proximal.....	19
7.3	Capacidad antioxidante.....	21
7.4	Evaluación del color	21
7.5	Evaluación sensorial	23
VIII.	CONCLUSIÓN.....	25
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	26
X.	ANEXOS.....	28

Índice de figuras

<i>Figura 1. Distribución geográfica de especies de mezquite en México</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2. Vainas de la especie Prosopis laevigata.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3. Localización de las partes estructurales de la vaina de mezquite.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 4. Masa de galleta control</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5. Galleta control.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6. Curva patrón para ABTS.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7. Galletas control</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8 . Gráfica escala verbal de nueve puntos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Formato escala verbal de nueve puntos</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Formato prueba de comparación múltiple de discriminación</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Formato de preguntas.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12. Galleta integral avena y nuez TAIFELD´S.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Galleta integral avena TAIFELD´S.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14. Galleta de maíz horneada Sanissimo.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15. Galleta de maíz horneadas con cúrcuma y sésamo – Tika.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 16. Gráfica del parámetro de apariencia para la prueba de comparación múltiple</i>	<i>37</i>
<i>Figura 17. Gráfica del parámetro de aroma para la prueba de comparación múltiple</i>	<i>37</i>
<i>Figura 18. Gráfica del parámetro de textura para la prueba de comparación múltiple</i>	<i>38</i>
<i>Figura 19. Gráfica del parámetro de sabor para la prueba de comparación múltiple.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 20. Gráfica del parámetro de crocancia para la prueba de comparación múltiple.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 21. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de apariencia.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 22. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de aroma.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 23. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de textura.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 24. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de sabor.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 25. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de crocancia.....</i>	<i>41</i>

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1. Composición química proximal de la vaina de Prosopis laevigata y Prosopis glandulosa.</i>	5
<i>Cuadro 2. Clasificación de galletas</i>	9
<i>Cuadro 3. Composición proximal promedio de la galleta sorgo/mezquite (50:50, % peso).</i>	19
<i>Cuadro 4. Comparación de la composición proximal promedio de la galleta control con galletas integrales comerciales</i>	20
<i>Cuadro 5. Comparación de la composición proximal en la sustitución de la mantequilla por puré de manzana</i>	20
<i>Cuadro 6. Resultado promedio de la prueba de antioxidantes</i>	21
<i>Cuadro 7. Parámetros cromáticos de las diferentes galletas elaboradas</i>	22
<i>Cuadro 8. Formulaciones de la galleta control</i>	29
<i>Cuadro 9. Preparación de estándares para la curva de ABTS</i>	29

Símbolos y/o nomenclaturas

Anotación	Significado
abs	Absorbancia
ABTS	ácido 2'2-azino-bis-[3-etilbenzotiazol-6-sulfónico
Trolox	(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)
HCl	Ácido clorhídrico
AG	Ácidos grasos
TEAC	TROLOX equivalent antioxidant capacity
α	Alfa
AOAC	Association of Analytical Communities
β	Beta
cm	centímetros
pH	Potencial de hidrogeno
M	Molaridad
N	Normalidad
a *	Variable "a"
°C	Grados Celsius
g	Gramo
h	hora
kcal	kilocalorías
kg	kilogramo
L*	Luminosidad
\pm	Mas - menos
b *	Variable "b"
m	metro
μm	micrómetros
μMol	micromol
mg	miligramo
μL	microlitro
mm	milímetros
min	minuto
CIELAB	Modelo cromático para describir colores
nm	nanómetros
NOM	Norma Oficial Mexicana
FAO	Organización para la Agricultura y la Alimentación
ppm	Partes por millón
%p/v	Porcentaje peso - volumen
%v/v	Porcentaje volumen - volumen
%	Por ciento
rpm	Revoluciones por minuto
G	Unidad de fuerza gravitacional

Resumen

La finalidad de este proyecto es formular y desarrollar una galleta sensorialmente aceptable teniendo como ingredientes principales harina de vaina de mezquite y harina de sorgo. El proyecto busca impulsar la manufactura de alimentos y productos innovadores usando materias primas poco utilizadas. Se evaluaron las características fisicoquímicas y propiedades sensoriales de las galletas con el objetivo de identificar un ingrediente de panadería innovador con alto valor nutricional y función potencial que pudiera ser aprovechado por la industria alimentaria. Los valores de humedad ($5.82 \% \pm 0.006$) fueron relativamente bajos, lo que puede brindar mayor estabilidad durante el almacenamiento de matrices alimentarias, como las galletas. Las galletas tuvieron un contenido de ceniza ($1.55 \% \pm 0.393$), proteína ($13.34 \% \pm 0.514$), fibra dietética total ($32.85 \% \pm 0.018$), carbohidratos (23.03) y de lípidos ($23.41 \% \pm 0.648$) los cuales fueron favorablemente reducidos al sustituir la manteca por puré de manzana. Las galletas pueden ser consumidas por todas las personas para ayudar a satisfacer las necesidades diarias, especialmente el de las personas que tienen mayores necesidades de estos nutrientes esenciales. Además de los nutrientes antes mencionados, la galleta funcional presentó una cantidad de antioxidantes (6.33 UT con un porcentaje de inhibición del 4.79), La galleta que presentó una tonalidad más oscura fue la a que se le adiciono chispas de chocolate, enseguida la que se le adiciono nuez y por último a la que no contenía nada. Los datos del método sensorial y el desarrollo de productos alimenticios ideales confirmaron que la harina de vaina de mezquite y harina de sorgo tienen potencial para el desarrollo de productos de panadería como las galletas.

Palabras clave: Antioxidantes, galleta funcional, harina, mezquite, sorgo.

Abstract

The purpose of this project is to formulate and develop a sensorially acceptable cookie having as main ingredients mesquite pod flour and sorghum flour. The project seeks to promote the manufacture of innovative foods and products using little-used raw materials. The physicochemical characteristics and sensory properties of the cookies were evaluated in order to identify an innovative bakery ingredient with high nutritional value and potential function that could be used by the food industry. The humidity values ($5.82\% \pm 0.006$) which were relatively low, which can provide greater stability during the storage of food matrices, such as cookies. The cookies had a content of ash ($1.55\% \pm 0.393$), protein ($13.34\% \pm 0.514$), total dietary fiber ($32.85\% \pm 0.018$), carbohydrates (23.03) and lipids ($23.41\% \pm 0.648$) which were favorably reduced. by substituting applesauce for butter. Cookies can be consumed by all people to help meet daily needs, especially those who have higher needs for these essential nutrients. In addition to the nutrients mentioned above, the functional cookie presented a number of antioxidants (6.33 UT with an inhibition percentage of 4.79). The cookie that presented a darker hue was the one to which chocolate chips were added, then the one that was I add walnut and finally to the one that did not contain anything. Data from the sensory method and the development of ideal food products confirmed that mesquite pod flour and sorghum flour have potential for the development of bakery products such as cookies.

Keywords: Antioxidants, functional cracker, flour, mezquite, sorghum

I. INTRODUCCIÓN

México posee una amplia extensión de zonas áridas y semiáridas, alrededor de 56 y 23 millones de hectáreas respectivamente que, en conjunto representan más de 40% de la superficie total del territorio mexicano. Actualmente el mezquite se encuentra establecido en más de 3.5 millones de hectáreas en el norte de México, estas zonas se caracterizan por ser apropiadas para el desarrollo del mezquite, ya que esta especie puede crecer en lugares con lluvias menores a los 100 mm anuales y soportar temperaturas máximas promedio superiores a 40 °C (Soto, Fernández, & Ruiz, 2014).

El mezquite es un recurso biótico que es utilizado como fuente de alimento, combustible y uso medicinal. En la actualidad se le considera con un uso potencial como forraje, material de construcción y combustible; sus comunidades proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante también en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación. (Rodríguez, 2014). Por otro lado, el sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) por su capacidad de resistencia a diferentes tipos de climas se cultiva en regiones más áridas en lugares donde no se puede sembrar el maíz. El uso en alimentación humana se centra en zonas de Asia y África, pero no en América Latina. En la región de América Central y el Caribe, la producción está dominada por México (90%) y en América del Sur se concentra en la Argentina (60%) y en las zonas áridas del Brasil, el norte de Colombia y Venezuela (Treviño, Castillo, & Rodrigues, 2020). Una de las ventajas que tiene México en la producción de alimentos a base de sorgo es la mejora en el mercado e ingresos a los productores, ya que es un cultivo que su producción requiere bajos costos y asegura una menor dependencia a la compra de granos provenientes del extranjero y minimizar la crisis alimentaria que cada día va en aumento. (Treviño, et al., 2020). El análisis de estructura y valor nutritivo del sorgo elaborado por el IPN (Instituto politécnico nacional), demuestran que no hay diferencias significativas comparándolo con el maíz, por lo que es un grano con mucho potencial en la industria alimentaria (Aubourg, 2008).

Hoy en día estamos en una época en la cual los consumidores son más conscientes de la salud y la seguridad alimentaria, productos como botanas, barras de cereales y galletas, han presentado un mercado creciente. Estos últimos tienen la cualidad de ser portátiles y convenientes, pero también son una alternativa saludable al incluirle frutas, verduras y oleaginosas a los productos (Aubourg, 2008).

Los hábitos alimenticios han cambiado para dejar lugar a grandes tendencias que implican comer alimentos saludables y de buena calidad a un precio más bajo posible. Una nueva tendencia en la nutrición humana de hoy en día son los alimentos funcionales (Los alimentos funcionales se pueden definir como elementos dietéticos que, además de proporcionar nutrientes y energía, modulan de manera beneficiosa una o más funciones específicas del cuerpo, mejorando una determinada respuesta fisiológica y/o reduciendo el riesgo de enfermedad.) (Aubourg, 2008).

Por lo anterior, se propone la elaboración de una galleta a base de harina de mezquite y sorgo para realizar una evaluación nutrimental mediante análisis bromatológico, análisis sensorial y capacidad antioxidante para obtener un producto aceptable.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El mezquite

2.1.1 Generalidades

El mezquite es un árbol o arbusto especie botánica de plantas espinosas leguminosas que pertenecen a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae*, y género *Prosopis*, los cuales se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo.

Existen en el mundo un total de 44 especies, las cuales abarcan su distribución en el Sureste de Asia (tres especies nativas), África tropical (una especie nativa) y América (40 especies), llegando en este último continente desde Estados Unidos de América hasta la Patagonia, Argentina y Chile. En los Estados Unidos y México se distribuyen 8 especies, mientras que en América del sur 32 especies. Todas las especies del género presentan troncos sencillos debido a que tienen una fuerte tendencia a la dominancia apical y en consecuencia con buen desarrollo de la copa. Su nombre proviene de la palabra azteca “*misquitl*”, tienen hojas angostas, bipinnadas compuestas, de 5 a 7.5 cm de largo, con puntas suaves y espinas en sus ramas (Reyes, 2018).

2.1.2 El mezquite en México

En México el mezquite se distribuye en la vertiente del pacífico, desde Michoacán hasta Oaxaca y en la del Golfo en Nuevo León, Tamaulipas y el norte de Veracruz, Chiapas y en las regiones altas centrales del país (Figura 1). Su distribución comprende casi todo el territorio mexicano, con excepción de las zonas montañosas, aunque su amplio rango ecológico le permite ser localizado en zonas con temperaturas medias que van de 20 a 29 °C, con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1,200 mm anuales; se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,200 m de altitud; crece preferentemente en llanuras y bajíos, sobre suelos profundos (García et al, 2014). La especie *P. laevigata* tiene mayor distribución geográfica en el territorio mexicano. Los mezquites constituyen parte importante de la flora de México, alcanzando inclusive carácter predominante al norte del país y algunas partes del suroeste. En más de 3.5 millones de hectáreas se encuentran especies autóctonas y predominantes como: *P. juliflora*, *P. pubescens*, *P. palmeri*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. laevigata*, *P. glandulosa*, *P. glandulosa Torreyana*, *P. velutina*, *P. vidaliana* (Rodríguez et al, 2014). En el estado de Oaxaca se encuentran dos tipos de especies: *P. laevigata* y *P. vidaliana* (Reyes, 2018).



● *P. odorata*; ■ *P. glandulosa*; ▲ *P. laevigata*; ▲ *P. velutina*; ★ *P. articulata*

Fuente: (Reyes, 2018)

Figura 1. Distribución geográfica de especies de mezquite en México

2.1.3 Especie *Prosopis laevigata*

La especie *Prosopis laevigata* fue identificada por H. & B., esta especie es un árbol de hasta 12 m de altura, con un tronco por lo general de 30 a 60 cm de corteza gruesa y con un color café-negrusco. La copa del árbol es más ancha que alta; tiene ramas pilosas, las flores crecen en espigas de 5 a 10 cm de largo y de color café-amarillento, a veces rojizo. El fruto es una vaina de color paja o rojizo violáceo; alargada, recto o arqueado y espiralado en algunos casos de 10 a 30 cm de longitud, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene de 12 a 20 semillas (Figura 2).

Sistema de clasificación vegetal:
(Elaboración propia)

Nombre Común:	Mezquite
Reino	<i>Plantae</i>
Familia	<i>Fabacea</i>
Genero	<i>Prosopis</i>
Nombre científico	<i>Prosopis laevigara</i>

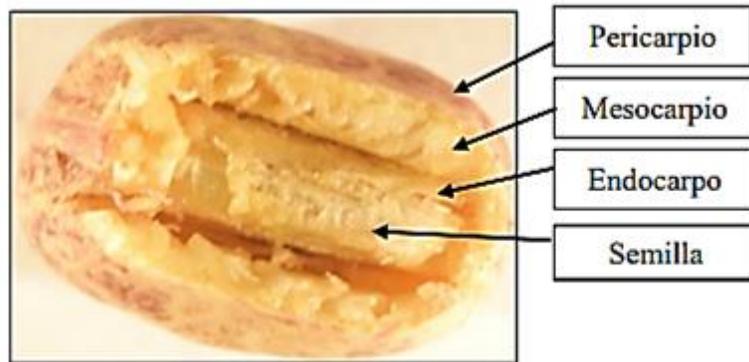


Fuente: (Reyes, 2018).

Figura 2. Vainas de la especie *Prosopis laevigata*

2.1.4 Estructura de la vaina de mezquite

Los frutos o legumbres del mezquite presentan una variada distribución de su estructura. La temporada de vainas de mezquite se extiende durante los meses de mayo a agosto. La vaina de mezquite está constituida por tres capas: la capa externa (pericarpio o exocarpio), la capa media o mesocarpio, la capa interna o endocarpio y la semilla (Figura 3). (Reyes, 2018).



Fuente: (Reyes, 2018)

Figura 3. Localización de las partes estructurales de la vaina de mezquite

El pericarpio: con fibras, es de color amarillo y/o rojizo con manchas violáceas. En el corte transversal, se observa una pared delgada y constituida por refuerzo de paquetes de fibra.

El mesocarpio: es carnoso, fibroso y azucarado, es comestible y nutritivo en la mayoría de las especies. Está constituido por un parénquima desarrollada.

El endocarpo: forma una estructura cerrada e indehisciente, de diferentes espesores, y su tamaño guarda una relación directa con el tamaño de las semillas. El corte transversal exhibe fibras lignificadas.

Las semillas: son ovoides, comprimidas, resistentes, de color amarillo marrón. Presentan un endospermo rico en galactomananos y embrión con dos cotiledones. Las semillas presentan alto contenido de proteínas, en particular en *P. pallida* con 65 gramos de proteína por kilogramo de semillas (Reyes, 2018).

2.1.5 Composición nutricional de la vaina de mezquite

La composición nutricional de las vainas de mezquite, aunque son similares entre especies, existe una pequeña diferencia en torno al suelo, sitio de la colecta de la vaina y/o lugar de crecimiento de las especies (Ruiz, 2011).

Cuadro 1. Composición química proximal de la vaina de *Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa*.

Especie	autor	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
<i>P.laevigata</i>	Ramirez et. Al, 2000	3.00	3.00	12.00	5.00	25.00	52.00
<i>P.laevigata</i>	Ruiz, 2011	9.22	4.20	10.28	3.90	16.88	48.10
<i>P.Glandulosa</i>	Solorio, 2001	7.41	4.98	13.27	1.99	25.27	47.08
<i>P.Glandulosa</i>	Carrillo, 2006	No determinado	3.15	20.15	1.95	23.90	50.86

Fuente: (Reyes, 2018)

2.2 Sorgo

2.2.1 Generalidades

El sorgo es una planta perteneciente a la familia botánica de las poáceas. Se trata de una planta herbácea anual, vigorosa, que puede alcanzar una altura de 0.5 a 5 m, aunque los materiales comerciales empleados en el país no llegan al metro y medio. Su sistema radical, de tipo fibroso e integrado por raíces que emergen de nudos ubicados por debajo o ligeramente por encima del suelo se extiende lateralmente y en profundidad. La mayor cantidad de raíces se ubican en los primeros 90 cm, pero el sistema puede profundizar más. Hacia los costados, puede extenderse hasta 1.5 m (SINAVIMO, 2022).

2.2.2 Estructura de la planta de sorgo

El tallo denominado caña, es erecto, compacto, a veces esponjoso y con nudos engrosados. La planta de sorgo tiene la capacidad de producir macollos. La cantidad depende del genotipo y de condiciones ambientales como la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y la densidad del cultivo.

Las hojas tienen una lámina lanceolada o linear-lanceolada y se disponen en el tallo de manera alterna y opuesta. Su color es verde y presentan una marcada nervadura central de color amarillo o blanquecino. Las estomas se ubican tanto en el haz como en el envés. Una planta desarrolla entre 7 y 24 hojas. La cantidad aproximada de hojas es de 15 (en materiales de ciclo largo), 17 (ciclo intermedio) y 19 (ciclo corto).

La inflorescencia del sorgo es una panoja con pedúnculo erecto. El raquis, cuya longitud puede ser corto o largo, presenta ramificaciones primarias, secundarias y hasta terciarias. La combinación de longitud y cercanía de estas ramificaciones confiere a la panoja un aspecto que puede ser compacto, semi compacto o semilaxo. Presenta un pulvino, estructura que, en condiciones de estrés, se contrae ocasionando el cierre de la panoja.

Las espiguillas sésiles tienen una longitud aproximada de 3 a 10 cm. Presentan dos glumas, coriáceas o papiráceas, la inferior de las cuales envuelve parcialmente a la restante, que es habitualmente más angosta y puntiaguda. Estas estructuras envuelven a las flores: la inferior, estéril (sólo la lemma) constituye una bráctea membranosa que envuelve parcialmente a la superior, que es hermafrodita. La lemma de esta flor, aristada, tiene una hendidura en el ápice.

El fruto es un cariopse redondeado de color variable. Puede ser blanco, amarillo, rosado, castaño o castaño rojizo. Suele estar cubierto parcialmente por las glumas. El peso de 1000 granos oscila entre los 20 y los 40 gramos (SINAVIMO, 2022).

2.2.3 Principales estados productores de sorgo en México

Debido a los requerimientos climáticos del sorgo, este necesita condiciones relativamente secas y cálidas comparadas con las del maíz. Con respecto a las temperaturas, esta no necesariamente tiene que ser muy alta pues arriba de 40°C, afecta la fertilización del grano y debajo de 20°C el crecimiento es muy lento. En México existen zonas que presentan las condiciones climáticas para una explotación eficiente de este cultivo entre las cuales destacan: Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sinaloa; los cuales abarcan el 86.8 % de la superficie sembrada del cultivo y cosechan el 87.4% de la producción nacional (Jasso, 2013).

2.2.4 Valor nutritivo del sorgo

El almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos, en forma de amilopectina. El contenido de almidones en el sorgo es alrededor del 70 u 80% del almidón el sorgo, es amilopectina mientras que el restante el 20% - 30% es amilasa. La presencia de taninos en el grano es otro factor que contribuye a la mala digestibilidad del almidón en algunas variedades de sorgo. Se ha observado una gran variabilidad en la composición de la proteína del sorgo en cuantos aminoácidos esenciales. En algunas variedades de sorgo los polifenoles condensados con los taninos presentes en los granos constituyen otro factor que influye desfavorablemente en la digestibilidad de la proteína y aminoácidos disponibles. Sin embargo, estudios in vitro realizados en el sorgo extruido también mostraban que el proceso de extrusión del grano de sorgo había mejorado la digestibilidad de la proteína y por lo tanto su valor nutritivo. El contenido de grasa del sorgo es del 13.4%, que es superior a la del trigo y arroz y a la del maíz. Las capas de germen y aleurona son las principales determinantes de la fracción de los lípidos. El germen aporta el 80% de la grasa total. En cuanto a vitamina se refiere el sorgo es rico en vitamina B, la tiamina, riboflavina y niacina que hay en el sorgo son comparables a las del maíz, algunas variedades de endospermo amarillo contienen β -caroteno, que podría ser convertido en vitamina A por el cuerpo humano. En el grano del sorgo también se han detectado otras vitaminas liposolubles D, E y K. (Jasso, 2013)

2.2.5 Beneficios del uso de sorgo para consumo humano

- 1) Existen sorgos que son ricos en compuestos antioxidantes que son benéficos para la salud pues son útiles en el combate a enfermedades como el cáncer y del corazón.
- 2) En los países en desarrollo existe la demanda de productos libres de gluten, el cual es una proteína que se encuentra en el trigo, la cebada y el centeno. esta proteína causa alergias crónicas en algunas personas, provocando así los síntomas de la enfermedad celiaca La enfermedad celiaca o celiacía es la intolerancia permanente a conjunto de proteínas denominada prolaminas presentes en el trigo, avena, centeno y cebada, de los cereales anteriormente mencionados el gluten es la forma más conocida de la presentación de las prolaminas que son tóxicas para los celíacos. El tratamiento más efectivo contra esta enfermedad es evitar el consumo del producto que contenga gluten y consumir productos elaborados con sorgo, maíz y o arroz.
- 3) El grano de sorgo es alto en fibra dietética y las proteínas y el almidón son de más lenta digestibilidad. Estas propiedades son excelentes para la elaboración de alimentos para personas con problemas de diabetes y para el control de obesidad (Jasso, 2013).

2.3 La manzana

La manzana es un fruto de estructura firme, carnosos, derivado del receptáculo de la flor. Difiere en cuanto a color, tamaño y sabor, según la variedad. El color de la piel va desde el verde claro hasta el rojo muy oscuro, casi negrozco. En cuanto a tamaño, puede ser apenas un poco mayor a una cereza y casi tan grande como una toronja o un melón mediano. La manzana representa uno de los conceptos de mayor gasto en las familias mexicanas. México es el decimotercer productor de manzana en el mundo. Pese a los importantes incrementos en su productividad nacional promedio en el periodo 2003-2016, equivalentes a 44.65%, la producción de 716,931 toneladas en 2016 cubrió únicamente 77.26% del consumo nacional, por lo que este producto se importa en fresco, principalmente de Estados Unidos (97.82% del total de las importaciones). Se consume cruda en su mayor parte, cocinada en numerosos postres, así como transformada industrialmente como jugos, sidra, néctares, yogurt, deshidratada, refrescos, vinagre, licores (SAGARPA, 2016).

2.3.1 Valor nutritivo de la manzana

Las manzanas, a más de su valor nutricional, poseen compuestos antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares e influyen en el desarrollo normal de las funciones metabólicas. La variedad y el tratamiento postcosecha de las frutas influyen directamente sobre la cantidad de los elementos nutricionales. (PARDO, 2012)

2.4 Harinas compuestas

El término de ‘harinas compuestas’ fue creado en el año de 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) al verse en la necesidad de solucionar el problema a países que no producían trigo. Por lo tanto, la FAO definió el concepto de harinas compuestas como aquellas que son conformadas por mezclas destinadas para elaborar alimentos a base de trigo, como: pan, pastas y galletas. La elaboración de estas harinas también puede elaborarse a base de cereales, algún tipo de verduras, oleaginosas y leguminosas con la finalidad de mejorar el valor nutrimental de los alimentos de mayor consumo (Elías, 2011).

Con el tiempo las harinas compuestas fueron evolucionando al usar diversas combinaciones de granos, cereales, verduras, entre otros alimentos y actualmente se han aplicado a productos industrializados los cuales se han estudiado por sus propiedades funcionales, por ejemplo: pasteles, galletas, panes, tortillas, pastas y aperitivos que han sido reportados por varios autores (Anton, Fulcher, & Arntfield, 2009) (Han, Janzz, & Gerlat, 2010).

2.5 Galleta

Este alimento tiene mucho tiempo de existir, pero fue en Francia donde nació la palabra ‘galette’ que hace referencia a lo que hoy se conoce como galletas, que son en realidad productos de bollería/pastelería por su composición y forma de elaboración (Bardón, 2014). Las galletas constituyen una importante fuente de energía, son muy comunes en las horas de desayuno y merienda. Son productos alimenticios elaborados fundamentalmente por una mezcla de harina, grasas comestibles y agua, adicionada o no de azúcares y otros productos alimenticios (aditivos, aromas, condimentos, especias etc.) sometidas a un proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, que dan lugar a un producto de presentación muy variada caracterizado por el bajo contenido de agua (inferior al 5 %).

Las galletas se han clasificado de diversas maneras. Según el Instituto Nacional de la Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, estas pueden ser clasificadas de la siguiente forma Cuadro 2. (Mejia., 2009):

Cuadro 2. Clasificación de galletas

Clasificación	Características
Por su sabor	Salada, dulce y de sabores especiales.
Por su presentación	Simples: Esto es cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior del cocido.
	Rellenas: Cuando entre dos galletas se coloca un relleno apropiado
	Revestidas: Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado. Puede ser simples o rellenas
Por su forma de comercialización	Galletas envasadas: Son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeña cantidad.
	Galletas a granel: Comercializadas generalmente en cajas de cartón u hojalata

Fuente: (Mejia., 2009)

Uno de los ingredientes más utilizados en la elaboración de galletas es la mantequilla ya sea para cocinar, hornear o simplemente como un complemento adicional para su comida, la mantequilla ha servido tradicionalmente como un potenciador de alimentos durante miles de años. Sin embargo, en los últimos años, las preocupaciones por la salud han llevado a los consumidores a buscar alternativas comparables a la mantequilla. Aunque existen muchos sustitutos de la mantequilla, es importante recordar que ciertas alternativas funcionan mejor que otras según el uso previsto. Ya sea que esté horneando, cocinando, salteando o simplemente para untar, la alternativa de mantequilla elegida puede marcar una gran diferencia. Al decidir sustituir la mantequilla por un ingrediente, es importante considerar para qué lo usará. Los sustitutos de mantequilla más ideales varían según el uso previsto y producirán resultados mucho más satisfactorios cuando se utiliza un sustituto adecuado (Mill, 2018).

2.6 Ingredientes funcionales en galletas

Los alimentos funcionales pueden describirse como productos alimenticios que aportan efectos saludables específicos, además de los componentes nutricionales básicos. Las galletas tienen en su formulación contienen varios ingredientes del tipo funcional.

La galletería, también presenta propiedades probióticas, es decir; contiene bacterias vivas que permanecen activas en el intestino y ejercen importantes efectos fisiológicos y prebióticos; los cuales favorecen las bacterias presentes en el colon más que proporcionar bacterias exógenas, lo que en efecto incrementa la cantidad de bacterias benéficas para el organismo (Cadaval, et al.,2005) Un ejemplo de esto es el uso de carbohidratos oligosacáridos tal es el caso de la miel de abeja, agave, etc.

Las harinas panaderas también son un importante ingrediente funcional que aporta taninos, sustancias astringentes útiles para tratar la diarrea que, además, inhiben el crecimiento microbiano y se unen a las toxinas bacterianas, inactivándolas. Los polifenoles que contiene actúan como antioxidantes, inhibiendo radicales libres y disminuyendo la velocidad de oxidación de sustancias auto oxidables. Contiene una baja proporción de lípidos, entre los cuales destaca un alto contenido de los ácidos grasos (AG) insaturados oleico y linoleico. (Ordeñez, et al., 2014)

2.7 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de un compuesto que contribuye a evitar y retardar la acción nociva de los radicales libres sobre el organismo. La oxidación es todo lo contrario; una pérdida de uno o más electrones. Existen una gran diversidad de compuestos con esta función antioxidante, algunos de ellos son: agentes quelantes, enzimas antioxidantes, fitoquímicos, pueden ser compuestos derivados de ciertos nutrientes (tocotrienoles, ácido ascórbico, etc.) (Percival, 1998).

2.8 Alimento funcional

Actualmente, el desarrollo de nuevos productos alimenticios va aumentando, ya que las recomendaciones energéticas y nutricionales de los individuos han ido cambiando, debido a los problemas de salud asociados a la alimentación, como son obesidad, hipertensión, problemas cardiovasculares y cáncer. Es por esto por lo que, con la necesidad de producir alimentos para la prevención y control tanto de deficiencias como de excesos, ha surgido el término alimento funcional (Hernández., 2006).

Un alimento funcional es aquel que tiene ciertos ingredientes que proporcionan efectos positivos (beneficios) en la salud, y que va más lejos del valor nutritivo que contiene; mejorando la salud y/o reduciendo el riesgo de una enfermedad (Araya, 2003); (Ferrer, 2001); (Lorente, 2001); (Yanett., 2006).

III. JUSTIFICACIÓN

En México siempre ha sido un reto, llevar una buena alimentación en zonas escasas de agua, como lo son las zonas áridas y semiáridas, pues en ellas es casi imposible llevar un cultivo de semillas de la canasta básica como lo es el maíz, el frijol y el trigo, pues este tipo de cultivos no soportan las sequías. Llevar a cabo un cultivo por riego de estas mismas semillas sería complicado, pues en la actualidad en estas zonas de México, se presenta incertidumbre económica lo cual repercute, no solo en la alimentación si no también en la calidad de vida de las personas. La generación de proyectos alimentarios innovadores puede contribuir a mejorar el nivel de vida de los habitantes de las zonas mediante la utilización de materias primas cultivadas en estas regiones. Al ser utilizadas para la elaboración de una galleta pues son un modelo pertinente de estudio dada su practicidad, disponibilidad y vida de anaquel; sobre este modelo se evaluarán los efectos benéficos de estos ingredientes; esto daría un nuevo provecho a estas dos materias primas cultivadas.

IV. HIPÓTESIS

El uso de las harinas de sorgo y mezquite. Como ingredientes alternos al trigo y al maíz para la elaboración de galletas, presentará un incremento en el contenido de proteínas y fibra en comparación con productos comerciales normalmente elaborados con harinas de trigo y sorgo. Así mismo contendrá una cantidad de compuestos antioxidantes.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Desarrollar y estudiar nutricionalmente una galleta elaborada con harina de vainas de mezquite y sorgo.

5.2 Objetivo específico:

1. Formular y desarrollar una galleta aceptable sensorialmente.
2. Determinar el aporte nutrimental de la galleta mediante un análisis proximal.
3. Evaluar la capacidad antioxidante del producto.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Elaboración de la harina de mezquite

La elaboración de la harina de mezquite se llevó a cabo mediante la metodología empleada por (Soto, et al., 2014); con modificación en las etapas de molienda y almacenamiento del producto. Las vainas de mezquite fueron recolectadas del árbol cuando está presentaron un color amarillo homogéneo, esto hace referencia a que se encuentra completamente madura y un tanto seca la vaina por el sol; este proceso se realizó entre los meses de Julio – Agosto; en las zonas próximas al municipio de Villanueva, Zacatecas. En seguida se observó detalladamente que las vainas no presentaran ningún tipo daño ni oscurecimiento. Posteriormente se lavaron con abundante agua y se desinfectaron en agua con cloro a una concentración de 25 ppm cada una de las vainas seleccionadas, para proceder a deshidratar las vainas a una temperatura de 65 °C por 1 h en un horno por convección, al transcurrir la hora de deshidratación se dejó reposar para que estas se enfríen y recuperen su textura firme y así pasarlas a un molino de martillos, donde fueron pulverizadas y tamizadas con un colador comercial, el polvo fino fue almacenado en bolsas de cierre hermético, esto para evitar pérdidas y contaminación del producto.

6.2 Elaboración de la harina de sorgo

La elaboración de la harina de sorgo se llevó a cabo mediante la metodología usada por (INTSORMIL, 2010). En la cual se realizarán dos modificaciones la primera será en la etapa de la molienda del producto y la segunda en el almacenamiento del producto final (harina). Se compró aproximadamente 8 kilogramos de grano de sorgo en una forrajera ubicada en Villanueva, Zacatecas. Este se encontraba contaminado por otros granos los cuales no eran de interés por lo que fueron separados por tamaño en un tamiz, al tener el sorgo limpio de los granos contaminantes, se lavó de forma manual en una tina (baño) repleta de agua de la llave, de esta forma retirar cualquier tipo de impureza o materia extraña, al observar que el agua sale translúcida, el sorgo es extendido en una lona de plástico oscura para que sea secado al sol por aproximadamente 5 horas, volteando el sorgo cada 30 minutos esto para que el secado sea homogéneo. Al haber transcurrido las 5 horas de secado, el grano pasó por diversos equipos como lo es una licuadora convencional para la primera reducción de partícula y enseguida pasó por un molino de café para pulverizar por completo el grano, el polvo obtenido fue tamizado en un colador y el polvo tamizado se almacena en una bolsa de plástico con cierre hermético esto para evitar pérdidas y contaminación de producto.

6.3 Elaboración de puré de manzana

El puré de manzana se elaboró bajo experiencia anteriormente realizada. Se compró aproximadamente 1 kilogramo de manzana tipo Golden, este producto fue obtenido del mercado ubicado en Zacatecas, Zacatecas. Las manzanas fueron observadas con más detalle verificando que estas no presentaran daños ya sean físicos o biológicos, al acabar la inspección se realizó un lavado manual con agua potable de manera continua, al finalizar el lavado las manzanas fueron trozadas o partidas en rebanadas, las rebanadas fueron escaldadas a una temperatura entre 90 °C a 100 °C por 4 minutos, para después pasar a un proceso de cocción en el cual se le adiciono 5 g de mantequilla y se mantuvo a una temperatura de 80 °C dentro de la olla, al llegar a la temperatura antes mencionada se le incorporo 5 g de canela en polvo, al pasar 30 minutos y observar que la textura de las rebanas es blanda se realizó un machacado hasta dejarlas como un puré homogéneo, se dejó concentrar el puré durante 15 min y con agitación evitando que este se pegue, al finalizar con la concentración, se envasó el puré en un recipiente de vidrio previamente esterilizado.

6.4 Elaboración de la galleta

La galleta se elaboró a base de desarrollos experimentales realizados con anterioridad, hasta la obtención de la galleta control indicada (VEA ANEXOS; Cuadro 8. Formulaciones de la galleta control).

Al obtener las materias primas realizadas en el apartado 6.1, 6.2 y 6.3; la mantequilla (marca: Aguascalientes) y huevos conseguidos en el mercado de Zacatecas, Zacatecas. Se pesaron las materias primas en las proporciones mostradas en la composición 4 mostrada en el cuadro 8. Las materias primas fueron colocadas en una batidora (marca: Oester Perform INOX) Para iniciar con el homogeneizados colocó la mantequilla y el puré de manzana, hasta obtener una mezcla de estos componentes, enseguida se incorporarán las harinas y al final se adicionará el huevo; obteniendo una masa. De la masa obtenida extrajeron 8 g, enseguida se moldearán en forma esférica, esto facilitara la colocación en charola; las esferas serán ligeramente apachurradas para dar la forma circular a la galleta. Se llenó cada una de las charolas hasta acabar con la masa inicial, enseguida se procedió a hornear a 180°C por 45 min en un horno. Al finalizar el horneado se dejó en reposo hasta que las galletas obtuvieron firmeza. Las galletas obtenidas fueron empaquetadas en una bolsa con sello hermético.

6.5 Análisis proximal

5.5.1 Humedad.

La humedad se determinó bajo la norma NMX-F-428-1982. Método rápido de la termobalanza, Se pesó 1 g de muestra de galleta en una balanza analítica (marca OHAUS PIONEER PLUS), enseguida se colocó en charolas de aluminio la cual procedió a introducirse en la termobalanza (marca OHAUS® MB35) a 110°C hasta que la humedad fue constante.

5.5.2 Cenizas.

La ceniza se determinó bajo la norma NOM-F-066-S-1978. Por calcinación a 550°C, hasta la obtención de cenizas blancas.

Se pesaron 3 gramos de muestra en un crisol (previamente colocado a peso constante), se dejó carbonizar la muestra en una parrilla (marca THERMO SCIENTIFIC, modelo SP131325Q) y se introdujeron en una mufla (marca FELISA, modelo FE-291A) a 550 ± 5 °C por 5 horas. Transcurrido el tiempo, se retiraron las muestras de la mufla y se dejaron enfriar en un desecador. Finalmente se pesaron los crisoles con cenizas en una balanza analítica (marca OHAUS PIONEER PLUS) y se calculó el porcentaje de cenizas presente con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ceniza} = \frac{(\text{Peso del crisol con muestra (g)} - \text{Peso del crisol (g)})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

5.5.3 Lípidos

Los lípidos fueron determinados bajo la norma PROY-NMX-F-615-NORMEX-2018. Método Soxhlet. La determinación lipídica se realizó con el equipo soxhlet (marca BUCHI, modelo EXTRACTOR UNIT E-816 ECE, Alemania) que consta de una extracción sólido-líquido semicontinua de lípidos con un solvente orgánico (éter de petróleo), el cual se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifonado al vaso de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido lipídico se cuantifica mediante diferencia de pesos.

Para llevar a cabo este análisis, se pesaron en una balanza analítica (marca OHAUS PIONEER PLUS) 3 g de muestra seca en cartucho de celulosa. Posteriormente se colocaron en el aparato de extracción soxhlet, se adicionaron aproximadamente 780 mL de éter de petróleo a los refrigerantes del equipo y posteriormente se realizó la extracción (extracción: 240 min, lavado: 30 min y secado: 30 min). Finalmente, los vasos se secaron en una parrilla a 70 °C por un tiempo indeterminado y se registró su peso. Para determinar el porcentaje de lípidos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lípidos} = \frac{(\text{Peso del vaso con muestra (g)} - \text{Peso del vaso (g)})}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}} \times 100$$

5.5.4 Proteínas.

Las proteínas se determinaron bajo la norma NOM-F-68-S-1980. Método de Kjeldahl; en el equipo de destilación Kjendahl (marca BUCHI, modelo DISTILLATION UNIT K-350, Alemania). Este método se fundamenta en la digestión de proteínas por acción del ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Durante la digestión se convierte el nitrógeno orgánico en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente. El destilado se recogerá en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato así formado se titulan con ácido clorhídrico (HCl) estandarizado para determinar el contenido de la muestra. Se pesó 100 mg (0.1 g) de muestra y se pasó a un tubo Kjendahl, al cual se le agregó 1 g de muestra catalizadora (sulfato cúprico y sulfato de potasio anhidro) y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó en el digestor y se calentó gradualmente a una temperatura de 400°C aproximadamente, hasta que el contenido del tubo presentó un color verde claro (6 horas). Por otro lado, se preparó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL: se adiciono 5 mL de ácido bórico al 4 % v/v y 2 gotas de indicador Wesslow. Se usó el equipo destilador Kjendahl, se colocaron los matraces previamente preparados y las muestras contenidas en los tubos del digestor se pasaron al tubo del equipo para ser analizadas. Las muestras obtenidas se titularon con ácido clorhídrico 0.1 N y por último se calcularon el porcentaje de nitrógeno con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteinas} = \frac{(\text{mL gastados del titulante})(N)(14)}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}} \times F \times 100$$

Donde:

N = Normalidad del ácido de valoración

F = Factor de conversión de proteína. 6.25 para productos alimenticios en general

14 = Peso atómico del nitrógeno

5.5.5 Fibra dietética total

El contenido de fibra dietética total en galletas se determinó por el método de la AOAC 985.29, el cual se fundamenta en aislar la fracción de interés por digestibilidad enzimática con α -amilasa, amiloglucosidasa y proteasa que hidroliza el almidón y proteínas.

La fibra dietética total en la variedad de galletas que se analizaron pesando 1 ± 0.2 g de material seco y desengrasado en un vaso de precipitado de 600 mL al cual se le añadió 50 mL de buffer de fosfato pH 6, 0.1 mL de α -amilasa y se agitó. Los vasos con alícuotas se cubrieron con papel aluminio, se colocaron en un baño maría con agua hirviendo, se agitaron en periodos de 5 minutos por media hora. Una vez enfriados, se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2 con NaOH 0.275 N, en seguida se añadió 0.1 mL (5 mg de proteasa) en cada vaso y se pasaron a un baño maría a 60 ± 1 °C. Nuevamente se ajustaron los pH's de las muestras a 4 y 4.6 y se les añadió 10 mL de HCl a 0.325 M, posteriormente se le añadió 0.1 mL de amiloglucosidasa a cada vaso. Se sometieron nuevamente a un baño maría en las mismas condiciones 60 ± 1 °C por media hora.

Después de la hidrólisis, se agregaron 4 volúmenes de etanol al 95 %v/v cada una de las soluciones para precipitar la fracción soluble y se dejó en reposo un día. Las soluciones se filtraron en crisoles (40 – 60 μ m) que contenían 0.5 g de celite. Después la muestra se lavó con 60 mL de etanol al 78 %v/v, 40 mL de etanol al 95 %v/v y 40 mL de acetona concentrada. Los residuos se secaron, y pesaron para luego determinar el contenido de proteínas y cenizas por los métodos previamente descritos. Para calcular el contenido de fibra dietética total se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra dietetica total} = \frac{(\text{Residuo})(\text{Proteina})(\text{Ceniza})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Residuos} = (\text{Peso final de la muestra}) - (\text{Peso inicial de la muestra})$$

$$\text{Cenizas} = (\text{Peso del crison con la muestra calcinada}) \\ - (\text{Peso inicial de la muestra})$$

$$B = (\text{Residuo blanco}) - (\text{Proteinas blanco}) - (\text{Cenizas blanco})$$

5.5.6 Carbohidratos.

La determinación de carbohidratos se realizó por un cálculo diferencial

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Ceniza} + \% \text{ Lípidos} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Fibra dietética total})$$

6.6 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se realizó bajo la metodología de (RE., 1998) con una modificación en el ajuste de ABTS, la absorbancia de 0.7 a 0.8.

Este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS+, debido a su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. El radical catiónico ABTS+ es un cromóforo verde azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS+ está determinado en función a la concentración.

Consiste en utilizar el método 2, 2'- Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) y se evaluara de acuerdo con la decoloración del radical catiónico ABTS como un porcentaje de inhibición.

Para la preparación de la muestra se siguió el procedimiento descrito por (Moreno, 2019), con una modificación en las cantidades de la muestra y los volúmenes utilizados.

Se pesaron 0.5 g de la muestra en polvo, se colocaron los gramos pesados de la muestra en 20 mL de metanol/agua (50:50, v/v) a temperatura ambiente con agitación continua durante 60 min. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 2500 G (4725 rpm) durante 15 min. Se recuperó el sobrenadante. Al residuo sólido se le añadieron 20 mL de acetona/agua (70:30, v/v) y se extrajo y centrifugó en las mismas condiciones que antes. El sobrenadante se combinó con el primero y el volumen total es llevado a 50 mL con agua destilada. Este extracto se utilizó posteriormente para cuantificar la capacidad antioxidante por el método ABTS.

Para el método ABTS, se preparó la solución de Persulfato de Potasio a una concentración [2.45mM] donde se añadió 0.0662 g del reactivo y se disolvió en 100 mL de agua destilada y se mantuvo en refrigeración.

Se preparó la solución de Trolox (solución madre) con una concentración de [3.99 mM] en etanol al 96% un volumen de 100 mL y se añadió 0.1 g del reactivo.

Se preparó la solución de ABTS en un frasco ámbar envuelto en aluminio añadiendo 57.63 mL de la dilución 1:1 de Persulfato de Potasio con etanol al 96% y una pastilla del reactivo Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS) de un peso de 0.1095 g teniendo una concentración de [3.45X10⁻⁴ M].

Se realiza un ajuste en la solución ABTS hasta que de una absorbancia de 0.8 abs

Para la curva se prepararon las soluciones patrón mencionadas en el Cuadro 9. Preparación de estándares para la curva de ABTS.(VEA, ANEXOS; **Cuadro 9. Preparación de estándares para la curva de ABTS.**).

El porcentaje de inhibición se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibicion} = \frac{\text{abs ABTS } (T_0) - \text{abs ABTS inhibido}}{\text{abs ABTS } (T_0)} \times 100$$

Abs ABTS (T₀) = ABTS recién ajustado

Abs ABTS inhibido = ABTS inhibido por la muestra

La actividad antioxidante de las muestras se expresa como capacidad antioxidante de μMol Trolox equivalente por 100 g-1 de materia fresca (TEAC).

6.7 Evaluación del color

El color instrumental se midió por triplicado utilizando un colorímetro CR-410 HS.

Se utilizó la escala de colores CIELAB (L^* , a^* , b^*)

Los parámetros L^* , a^* y b^*

Luminosidad; L^* ($L^* = 100$ para blanco; $L^* = 0$ para negro)

Croma; a^* (+ a^* para rojez; - a^* para verdor)

Matiz; b^* (+ b^* para amarillo; - b^* para azul)

Los parámetros del sistema CIELAB fueron medidos en tres ubicaciones diferentes en cada muestra de galleta (Superior, inferior y central).

6.8 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los productos desarrollados se realizó un día después de su fabricación con el apoyo de 50 panelistas. Se evaluó el nivel de satisfacción utilizando escala verbal de nueve puntos Figura 9. Formato escala verbal de nueve puntos (VER, ANEXOS; Figura 9. Formato escala verbal de nueve puntos), así como una prueba de comparación múltiple de discriminación Figura 10. Formato prueba de comparación múltiple de discriminación (VER, ANEXOS; Figura 10. Formato prueba de comparación múltiple de discriminación), esto para comparar si se encuentran diferencias en los parámetros dados (Apariencia, Aroma, Textura, Sabor y Crocancia), y se realizaron una serie de preguntas cerradas Figura 11. Formato de preguntas (VER, ANEXOS; Figura 11. Formato de preguntas), esto con el fin de observar si fue de su agrado las muestras otorgadas y si se encuentran relacionados con el consumo de galletas de este tipo las cuales son integrales.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Determinación de formulación de las galletas

Los resultados obtenidos de las diferentes formulaciones elaboradas para la galleta problema se resumen en el Cuadro 8. Formulación de la galleta control (VER, ANEXOS; Cuadro 8. Formulación de la galleta control), donde la composición 4, fue la que mejor cumplía con las características deseadas al momento de manipular la masa Figura 4. Masa de galleta control (VER, ANEXOS; Figura 4. Masa de galleta control). La masa fue prensada para obtener la forma original de una galleta Figura 5. Galleta control (VER, ANEXOS; Figura 5. Galleta control). Este tipo de forma final se realizó para que el calor se disipará de mejor forma por todo el cuerpo de la masa y así obtener un horneado homogéneo.

7.2 Composición proximal

Los resultados del análisis de composición química proximal de la galleta control se muestran en el Cuadro 3. Composición proximal promedio de la galleta sorgo/mezquite (50:50, % peso).en el cual se incluyen los promedios de tres repeticiones de los contenidos de humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibra dietética y carbohidratos. Los resultados son expresados para 100 g de la galleta realizada, el cuadro 5 reveló un alto contenido de Fibra dietética (32.85 ± 0.018), proteínas (13.34 ± 0.514), lípidos (23.41 ± 0.648) y carbohidratos (23.03). En cuanto a los valores obtenidos de ceniza (1.55 ± 0.393) y de humedad (5.82 ± 0.006) mantuvieron valores similares o consistentes a los informados por (Natacha, 2016), los valores se encuentran próximos, incluso obteniendo una mayor cantidad de proteínas por parte de la galleta control.

Cuadro 3. Composición proximal promedio de la galleta sorgo/mezquite (50:50, % peso).

Parámetro	Galleta control
Humedad (g/100g)	5.82 ± 0.006
Ceniza (g/100g)	1.55 ± 0.393
Lípidos (g/100g)	23.41 ± 0.648
Proteína (g/100g)	13.34 ± 0.514
Fibra dietética (g/100g)	32.85 ± 0.018
Carbohidratos (g/100g)	23.03*

Valores de Media de tres replicas \pm desviación estándar. * Carbohidratos calculados por diferencia.

La galleta control, fue comparada con galletas “integrales” comerciales el Cuadro 4. Comparación de la composición proximal promedio de la galleta control con galletas integrales comerciales muestra un resumen de la composición proximal de las galletas. El Cuadro 8 reveló que la galleta control, respecto a las galletas comercial C2 y C3, las cuales están elaboradas con harina de trigo adicionadas con avena, contienen una elevada cantidad de proteína y fibra dietética, el valor de lípidos se mantiene similares entre las galletas y el valor de los carbohidratos es bajo. Para las galletas comerciales restantes C4 y C5, las cuales están elaboradas con harina de maíz, contiene una elevada cantidad de proteínas, fibra cruda y lípidos, el valor de los carbohidratos se mantiene por debajo.

Cuadro 4. Comparación de la composición proximal promedio de la galleta control con galletas integrales comerciales

Parámetro	C1	C2	C3	C4	C5
Humedad (g/30g)	1.746	-	-	-	-
Ceniza (g/30g)	0.465	-	-	-	-
Lípidos (g/30g)	7.023	6.9	8	1.66	1.8
Proteína (g/30g)	4.002	2.6	2	3.33	2.1
Fibra dietética (g/30g)	9.855	1.8	2	3.33	1.9
Carbohidratos (g/30g)	6.909	18.3	16	25	0

C1: Galleta control, C2: Galleta integral avena y nuez TAILFELD'S, C3: Galleta integral avena TAILFELD'S, C4: Galletade Maíz horneada Sanissimo, C5: Galleta de Maíz horneadas con curcuma y sesamo Tika

Los resultados de sustituir la mantequilla con puré de manzana se resumen en el Cuadro 5. Comparación de la composición proximal en la sustitución de la mantequilla por puré de manzana el cual reveló que los valores de humedad, cenizas, lípidos y carbohidratos disminuyeron, mientras que el valor de las proteínas aumentó. Estos valores resultaron ser positivos para la elaboración de la galleta control.

Cuadro 5. Comparación de la composición proximal en la sustitución de la mantequilla por puré de manzana

Parámetro	Composición 1	Composición 4
Humedad (g/100g)	7.82 ± 0.212	5.82 ± 0.006
Cenizas (g/100g)	1.85 ± 0.044	1.55 ± 0.393
Lípido (g/100g)	25.04 ± 0.350	23.41 ± 0.648
Proteínas (g/100g)	11.71 ± 0.316	13.34 ± 0.514
Carbohidratos (g/100g)	53.58 ± 0.980	32.85 ± 0.018

Composición 1: Sin manzana, Composición 4: Con manzana

7.3 Capacidad antioxidante

La metodología descrita por (Moreno, 2019) fue puesta a prueba para la determinación de la capacidad antioxidante de la galleta control. Los resultados se resumen en el Cuadro 6. Esta metodología se realizó por duplicado y reveló una lectura de absorbancia promedio de 0.837, la cual significa que el ABTS tuvo reacción y fue inhibido por los compuestos antioxidantes en la galleta control.

Para la determinación de la concentración de antioxidantes se utilizó la curva patrón para ABTS la cual se presenta en la figura 6 (VER, ANEXO; Figura 6. Curva patrón para ABTS). Los resultados obtenidos se resumen en el **Cuadro 6**. Resultado promedio de la prueba de antioxidantes Este reveló que la galleta problema contiene una concentración promedio de 9.1128 ± 1.0201 TEAC (mmol/L), con un porcentaje de inhibición promedio de 4.799 ± 0.583 , es un valor bajo para una leguminosa esto con respecto a lo reportado por (F. Saura-Calixto, 2007), pero considerando que el producto no está elaborado solo de leguminosa sino también de un cereal, se puede decir que el valor de antioxidante resumido en el cuadro 8, se encuentran en los valores reportados por (Natacha, 2016). Para el valor referente al sorgo, se encuentra entre los valores reportados por (Antonio Flores-Naveda1, 2021) el cual es un estudio sobre el sorgo.

Cuadro 6. Resultado promedio de la prueba de antioxidantes

Prueba	Abs	Concentración TEAC (mmol/L)	% Inhibición
Antioxidantes ABTS	0.837 ± 0.029	9.11 ± 1.02	4.79 ± 0.58

7.4 Evaluación del color

Las galletas se representan en la Figura 7. Galletas (control) y el color característico de las mismas se representa en el Cuadro 7. Parámetros cromáticos de las diferentes galletas elaboradas 7, se observó que, en la parte superior de las galletas, a la que se le adiciono chocolate a la masa disminuyó el valor de Lx (luminosidad) provocando que se volviera más oscuro en comparación con la galleta problema, la galleta que contiene nuez se encuentra entre los valores de la galleta problema y la galleta con chispas de chocolate esto tiene sentido pues la nuez brinda un poco de oscurecimiento a la galleta. (valores Lx (Gp; 56.82, G/chispas de chocolate; 44.71, G/nuez; 52.29). La galleta problema presentó un valor "a*" mayor a las otras galletas, esto es que la galleta problema se encontraba en una tonalidad más roja que las otras galletas. (valores a* (Gp; 7.14, G/chispas de chocolate; 5.87, G/nuez: 6.79). La galleta problema presenta un matiz "b*" mayor al de las otras galletas, esto hace referencia a que presenta una tonalidad más amarillenta que las demás. valores a* (Gp; 23.05, G/chispas de chocolate; 16.31, G/nuez: 18.5).

Para la parte inferior de las galletas, en la sección de luminosidad (L^*) las galletas tuvieron el mismo comportamiento que en su parte superior, la galleta con chispas de chocolate presento una menor luminosidad que las otras galletas y la galleta con nuez se encuentra entre los valores de la galleta problema y la galleta con chocolate. (valores L_x (Gp; 51.94, G/chispas de chocolate; 33.13, G/nuez; 46.95). La galleta con nuez presentó un valor “ a^* ” (croma) mayor a las otras galletas, esto es que la galleta nuez se encontraba en una tonalidad más roja que las otras galletas. (valores a^* (Gp; 6.64, G/chispas de chocolate; 4.81, G/nuez: 7.81). La galleta problema presenta un matiz “ b^* ” mayor al de las otras galletas, esto hace referencia a que presenta una tonalidad más amarillenta a las demás. valores a^* (Gp; 21.67, G/chispas de chocolate; 4.79, G/nuez: 18.01).

Para la parte central de cada una de las galletas se tuvo el mismo comportamiento que en la parte inferior en la sección de luminosidad, la galleta con chispas de chocolate presento una menor luminosidad que las demás galletas (valores L_x (Gp; 45.52, G/chispas de chocolate; 32.45, G/nuez; 40.57). Las galletas con nuez presentaron un valor “ a^* ” (croma) mayor a las otras galletas, esto es que las galletas con nuez se encontraban en una tonalidad más roja que las otras galletas. (valores a^* (Gp; 5.67, G/chispas de chocolate; 4.06, G/nuez: 5.73). La galleta problema presenta un matiz “ b^* ” mayor al de las otras galletas, esto hace referencia a que presenta una tonalidad más amarillenta a las demás. valores a^* (Gp; 17.25, G/chispas de chocolate; 7.68, G/nuez: 13.09).

Cuadro 7. Parámetros cromáticos de las diferentes galletas elaboradas

Galleta control			
Línea experimental	Parámetro de color		
	L_x	a^*	b^*
PS	56.82	7.14	23.05
PI	51.94	6.64	21.67
PC	45.52	5.67	17.25
Galleta control adicionada con chispas de chocolate			
Línea experimental	Parámetro de color		
	L_x	a^*	b^*
PS	44.71	5.87	16.31
PI	33.13	4.81	4.79
PC	32.45	4.06	7.68
Galleta control adicionada con nuez			
Línea experimental	Parámetro de color		
	L_x	a^*	b^*
PS	52.29	6.79	18.5
PI	46.95	7.81	18.01
PC	40.57	5.73	13.09

PS: Parte superior, PI: Parte inferior, PC: Parte central

7.5 Evaluación sensorial

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo por 43 panelistas (de 20 a 40 años). Los resultados de aceptación (correspondientes a los valores de 1 a 4), indiferencia (correspondientes al valor 5) y los de rechazo (correspondientes al valor 6 a 9). Estos valores están asociados con las muestras por medio de la escala hedónica utilizada en la evaluación. Los cuales se presentan en la Figura 8 . Gráfica escala verbal de nueve puntos(VER, ANEXO; Figura 8 . Gráfica escala verbal de nueve puntos), esta revelo que la galleta con chocolate fue la que tuvo una mayor aceptación por la mayoría de los consumidores, pues esta se mantuvo entre los valores de aceptación antes mencionados, (en donde el 44 % de los consumidores eligió en la escala que “le gustaba muchísimo”, el 37 % eligió que “le gustaba mucho”, el 12 % eligió que “le gustaba moderadamente” y el 7 % eligió que “le gustaba un poco”).

La segunda galleta que cumple con la aceptación del consumidor fue la que contienen nuez, aunque esta si contienen resultados de rechazo, pero estos pueden ser ignorados pues son insignificantes (estos son el 2 % que eligieron que “les disgustaba muchísimo” y el 5 % que eligieron que “les disgustaba un poco”), también tiene un valor de indiferencia (14 % mencionan que “ ni les gusta, ni les disgusta”), los valores de aceptación de esta galleta (al 12 % de los consumidores mencionaron que “les gusta un poco”, al 25 % de los consumidores “les gusta moderadamente”, al 28% “les gusta mucho” y al 14 % “les gusta muchísimo”).

La galleta que tuvo un valor bajo en la aceptación fue la galleta control, al igual que la galleta con nuez tuvo resultado de rechazo y como son pocos se toman como valores insignificantes (estos son el 2 % que eligieron que “les disgustaba mucho” y el 9 % que eligieron que “les disgustaba un poco”), también tiene un valor de indiferencia (9 % mencionan que “ ni les gusta, ni les disgusta”), los valores de aceptación de esta galleta (al 25 % de los consumidores mencionaron que “les gusta un poco”, al 39 % de los consumidores “les gusta moderadamente” y al 14 % “les gusta mucho”). En general, la galleta adicionada con chispas de chocolate fue la que tuvo una mayor aceptación que las demás, pero todas las galletas fueron de agrado para el consumidor.

Los resultados obtenidos para la prueba de comparación múltiple de discriminación se pueden ver en los anexos; En el parámetro de apariencia comparada con la galleta control, la galleta adicionada con chispas de chocolate resulto tener una mejor apariencia para el panelista ya que para ellos se distinguía con mucha facilidad dicha diferencia. Para la galleta adicionada con nuez la apariencia les resultó de una manera similar a la galleta control, aunque los panelistas si lograban percibir de una ligera manera una diferencia. (VEA, ANEXOS; **Figura 16.** Gráfica del parámetro de apariencia para la prueba de comparación múltiple & **Figura 21.** Gráfica del grado de percepción para el parámetro de apariencia).

En el parámetro de aroma comparada con la galleta control, la galleta adicionada con chispas de chocolate resultó tener un mejor aroma para los panelistas, pero no los panelistas no lograron percibir de manera significativa un olor diferente al de la galleta control. Para la galleta adicionada con nuez el aroma les resultó de manera similar a la galleta control, tanto que los panelistas no detectaron ni una ligera diferencia en este parámetro. (VEA, ANEXOS; **Figura 17.** Gráfica del parámetro de aroma para la prueba de comparación múltiple & **Figura 22.** Gráfica del grado de percepción para el parámetro de aroma).

Para el parámetro de textura en comparación con la galleta control; la galleta la cual tenía adicionada chispas de chocolate resultó tener una mejor textura para los panelistas, percibiendo más que un ligero cambio respecto al control. Para la galleta a la cual se le adiciono nuez la textura les resultó de igual manera al control, aunque los panelistas lograban percibir una ligera diferencia respecto a la galleta control. (VEA, ANEXOS; **Figura 18**. Gráfica del parámetro de textura para la prueba de comparación múltiple & **Figura 23**. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de textura).

Para el parámetro del sabor en comparación con la galleta control; la galleta con chispas de chocolate resultó tener de una mejor manera un mejor sabor para el panelista, percibiendo una diferencia con mucha facilidad. Para la galleta con nuez, a los panelistas les resultó de una manera similar al control, aunque lograron percibir más que una ligera diferencia respecto a la galleta comparada. (VEA, ANEXOS; **Figura 19**. Gráfica del parámetro de sabor para la prueba de comparación múltiple & **Figura 24**. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de sabor).

En el parámetro de crocancia respecto a la galleta control; la galleta con adición de chispas de chocolate resultó ser de mejor crocancia para los panelistas, a la cual se le lograba percibir de una ligera manera esta diferencia. Para la galleta que contenía nuez, les resultó de una manera similar a los panelistas, pues ellos lograban percibir una ligera diferencia. (VEA, ANEXOS; **Figura 20**. Gráfica del parámetro de crocancia para la prueba de comparación múltiple & **Figura 25**. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de crocancia).

VIII. CONCLUSIÓN

- Se logró desarrollar una galleta con la harina de mezquite y la harina de sorgo, la cual resultó ser sensorialmente aceptable para el consumidor, estos niveles de aceptación incrementaron cuando a la galleta se les adiciono algún aditivo ya sea chispas de chocolate o nuez.
- Se determinó su composición proximal, con esto se cumple la hipótesis planteada, las harinas de mezquite y sorgo pueden servir como ingredientes alternos al trigo y al maíz para la elaboración de una galleta, incrementado consigo el contenido de proteínas y de la fibra dietética total del producto.
- Se obtuvo una galleta funcional por su alta composición proximal y la presencia de compuestos antioxidantes.
- La galleta elaborada en comparación con galletas comerciales tuvo mayor cantidad de lípidos, proteínas y fibra dietética y con una menor cantidad de carbohidratos lo que resulta favorable para el consumidor.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Amarowicz, R. y. (2008). *Legumes as a source of natural antioxidants*. Journal of Food Lipids. 110: 865-878.
- Anton, A. A., Fulcher, G., & Arntfield, D. S. (2009). *Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (Phaseolus vulgaris L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking*. Journal homepage. Recuperado de <http://hydh.hbstl.org.cn/uploadfiles/9MYLF2G81290564069375.pdf>.
- Antonio Flores-Naveda¹, F. D.-V.-T.-B.-M.-S.-L. (2021). *Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en líneas experimentales de sorgo pigmentado cultivado en Coahuila México*. Nuevo León, México: ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar.
- Araya, L. (2003). *Alimentos funcionales y saludables*. Revista chilena de nutrición.
- Aubourg, N. (2008). *Desarrollo de una barra de desayuno a base de sorgo (Sorghum Bicolor, (L.) Moench) y (L.) Moench)* y. Honduras: Zamorano.
- Bardón, I. R. (2014). *El sector de los productos de panadería, bollería y pastelería industrial y galletas en la comunidad de madrid: características de calidad, actitudes y percepción del consumidor*. <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/798/productos%20de%20panader%C3%ADa.pdf>.
- Bartolomé, B., Estrella, I., & Hernández, M. T. (2000). *Interaction of low molecular weight phenolics with proteins (BSA)*. J. Food Sci. 65, 617-621.
- Cadaval, A., Artiach, E. B., Garín, B. U., Pérez, R. C., & Aranceta, J. (2005). *Alimentos funcionales: Para una alimentación saludable*. SENC. Disponible en: <http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/Alimentosfuncionales-para-una-alimentaciónmas-saludable.pdf>.
- Cerón Ortiz, A. N., Vidal Gómez, A. Y., & Ángeles Monroy, M. A. (2015). *Impacto del estado de madurez de la vaina de mezquite (Prosopis laevigata) en su composición fisicoquímica posterior a su transformación en polvo*. Ciudad de Mexico: Revista Congreso Nacional de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable.
- Corona, C., Gómez, F., & Ramos, E. (s.f.). Análisis químico proximal de la vaina del mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*) en árboles podados y no podados, en diferentes etapas de fructificación. *Revista Chapingo, 1*.
- Da Silva, R. J. (1991). *Interaction of grape seed procyanidins with various proteins in relation to wine fining*. J. Sci. Food Agric., 57, 111- 125.
- Esposito, C. (21 de agosto de 2020). *Pixartprinting*. Obtenido de blog: <https://www.pixartprinting.es/blog/colores-pantone/#:~:text=El%20sistema%20Pantone%20es%20una,fases%20del%20flujo%20de%20trabajo%C2%BB>.
- F. Saura-Calixto, I. G. (2007). *CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS TRADICIONALES DE LA DIETA ESPAÑOLA: ALEGACIONES NUTRICIONALES Y ALEGACIONES EN SALUD*. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas.
- Ferrer, L. (2001). *Alimentos funcionales: probióticos*. Acta pediátrica española.
- Han, J. J., Janzz, J. A., & Gerlat, M. (2010). *Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions*. Food Research international.
-

-
- Hernández., N. (2006). *Elaboración de espagueti adicionado con almidón de plátano: caracterización física, química nutricional y de calidad*. Mexico: CEPROBI-IPN.
- INTSORMIL. (2010). "Harina de Sorgo para Uso en la Industria de la Panificación". <https://digitalcommons.unl.edu/intormilpubs/36>: INTSORMIL Scientific Publications. 36.
- Jasso, M. C. (2013). *EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE SORGO ROJO Y SORGO BLANCO EN LA ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ*. Saltillo, Coahuila, México: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGRARIA ANTONIO NARRO.
- Jian-Wei D., y. c. (2015). Reevaluación del ensayo ABTS+ para la capacidad antioxidante total de productos naturales. *NPC Natural Product Communications*, 10, pp.2169-2172.
- Liener, I. E. (1994). *Implications of antinutritional components in soybean foods*. C. R. Food Sci. Nutr. 34, 31-67.
- Lorente, F. B. (2001). *Alimentos funcionales: prebióticos*. Acta Pediátrica española.
- Mejia., D. (2009). *Elaboración de galletas enriquecidas con concentrado proteico foliar de zanahoria (Daucus carota)*. Disponible en: <http://190.116.38.24:8090/xmlui/bitstream/handle/123456789/49/ELABORACION%20GALLETAS.pdf?sequence=1>: Repositorio Digital: Resolución N° 062-2013-VRI-UNJFSC.
- Mill, B. R. (10 de Febrero de 2018). *Dietas especiales, Baking 101* . Obtenido de Centro de aprendizaje: <https://www.bobsredmill.com/blog/special-diets/what-is-a-good-substitute-for-butter/>
- Moreno, J. S. (2019). *Coffee Pulp Waste as a Functional Ingredient*:. Published by Science and Education Publishing.
- Natacha, P. (2016). "GALLETITAS LIBRES DE GLUTEN A BASE DE HARINA DE SORGO ROJO" . Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. UNL.
- NMX-007. (1982). *ALIMENTO PARA HUMANOS. HARINA DE TRIGO. FOODS FOR HUMANS. WHEAT FLOUR. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DENORMAS*. Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- Ordeñez, J. A., Gonzalo, G., Dolores, S., & Luisa, M. (2014). *Tecnología de los alimentos de origen animal Volumen 1*.
- PARDO, E. T. (2012). *ESTUDIO DEL PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS Y SU EFECTO SOBRE LA TEXTURA INSTRUMENTAL DEL FRUTO DE CUATRO VARIEDADES DE MANZANA (Pyrus malus L.)*. Quito: FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA.
- Percival, M. (1998). *Antioxidants. ClinicalNutritios Insights*. 96; 1-4.
- Pérez, R. H. (2016). *BROMATOLOGÍA DE LA VAINA DE MEZQUITE (Prosopisspp.) COMO ALTERNATIVA PARA CONSUMOSUSTENTABLE EN LA COMARCA LAGUNERA. TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.:* UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.
- RE., N. P. (1998). *ANTIOXIDANT ACTIVITY APPLYING AN IMPROVED ABTS RADICAL*. London: Free Radical Biology & Medicine,.
- Reyes, L. G. (2018). *Caracterización físico-química de harinas de mezquite (Prosopis Laevigata)*. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca.
- Rodríguez, S. (2014). *ANÁLISIS TÉCNICO DEL ÁRBOL DEL MEZQUITE (Prosopis laevigata Humb. & Bonpl. ex Willd.) EN*. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa:
-

-
- Universidad Autónoma Indígena de México.
- Ruiz, .. T. (2011). *Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano potosino*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- SAGARPA. (14 de noviembre de 2016). *Manzana Mexicana*. Obtenido de subsecretaria de agricultura: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256430/B_sico-Manzana.pdf
- SINAVIMO, S. N. (09 de Marzo de 2022). *Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas*. Argentina.gob.ar. Obtenido de Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas. Argentina.gob.ar: <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/sorghum-bicolor>
- Soto, X., Fernández, K., & Ruiz, M. (2014). *Aprovechamiento del fruto del mezquite (prosopis glandulosa y prosopis spp) en la zona de San Luis Rio Colorado, Sonora, para la elaboración y comercialización de harina de alto valor nutricional*. San Luis Río Colorado, Sonora.: Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado.
- Treviño, S. M., Castillo, R. G., & Rodrigues, C. (2020). *Sorgo blanco: alternativa saludable para la alimentación humana*. Tamaulipas: Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán.
- Vinson, J. A. (1995). *Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using an in vitro oxidation model for heart disease*. J. Agric. FoodChem.43, 2800-2802.
- Yanett., P. M. (2006). *Qué son los alimentos funcionales*. [En línea] Disponible: http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf.

X. ANEXOS

Cuadro 8. Formulaciones de la galleta control

Materia prima	Composición	Composición	Composición	Composición
	1	2	3	4
Harina de mezquite	20.1005 %	25.4452 %	23.6406 %	21.0084 %
Harina de sorgo	20.1005 %	25.4452 %	23.6406 %	21.0084 %
Mantequilla	28.1407 %	17.8117 %	16.5484 %	14.7058 %
Avena	20.1005 %	-	-	-
Huevo	5.8291 %	13.4860 %	12.5295 %	22.2689 %
Vainilla	0.7035 %	-	-	-
Miel	5.0251 %	-	-	-
Pure de manzana	-	17.8117 %	23.6406 %	21.0084 %

Cuadro 9. Preparación de estándares para la curva de ABTS.

Solución de reacción	Trolox (µM)	Trolox (mL)	Etanol (mL)
1	3	3.75	1.25
2	2	2.5	2.5
3	1	1.25	3.75
4	0.5	0.625	4.375
5	0.25	0.3125	4.6875
6	0	0.15625	4.8425



Figura 4. Masa de galleta control



Figura 5. Galleta control

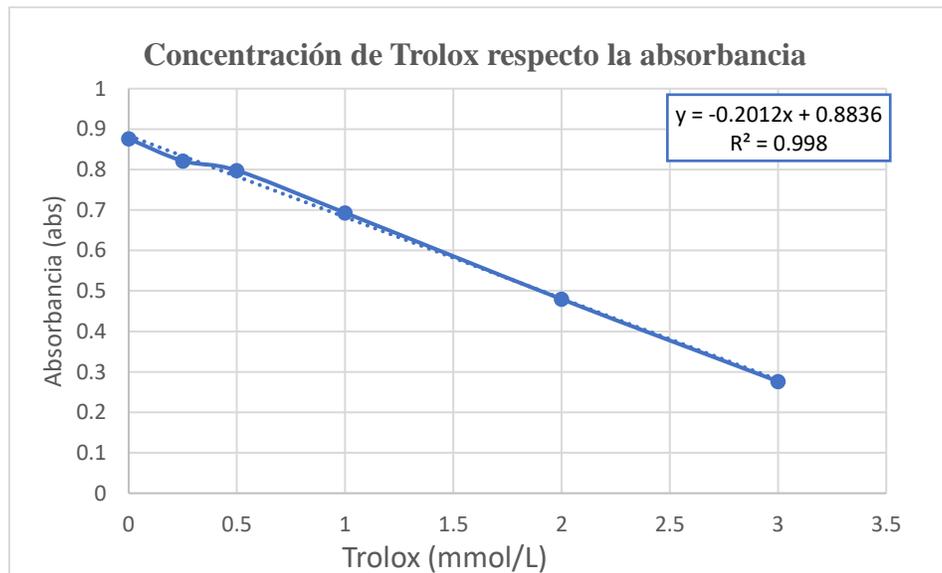
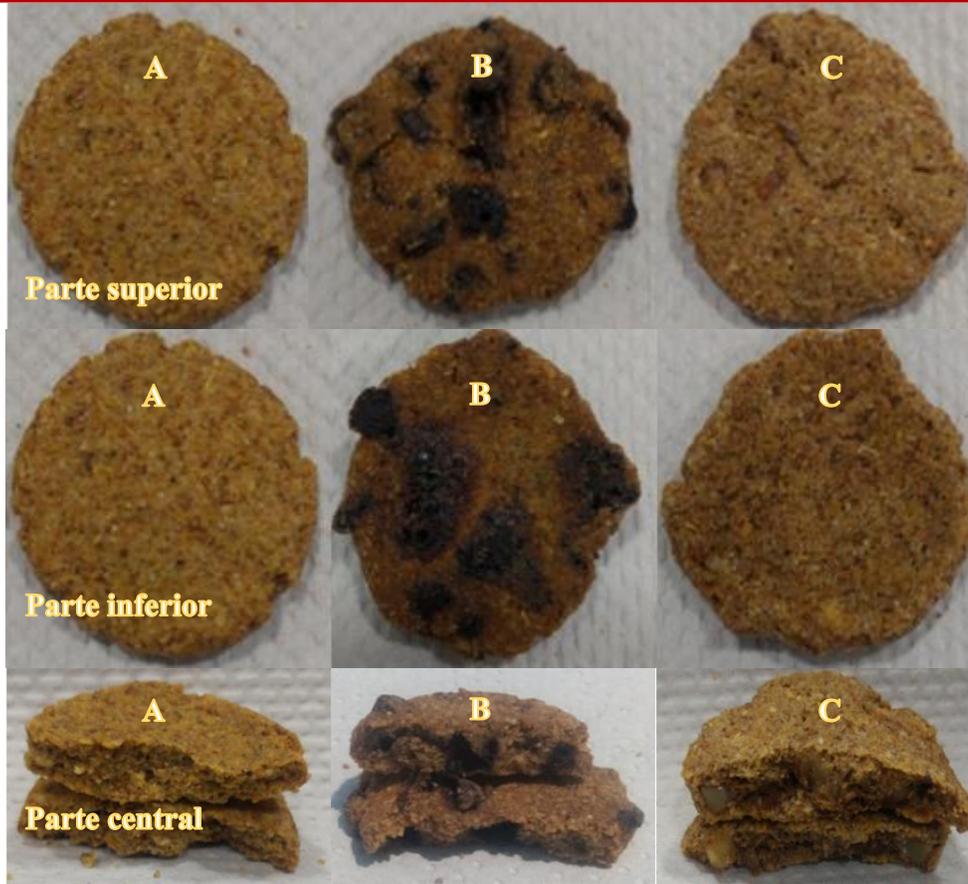
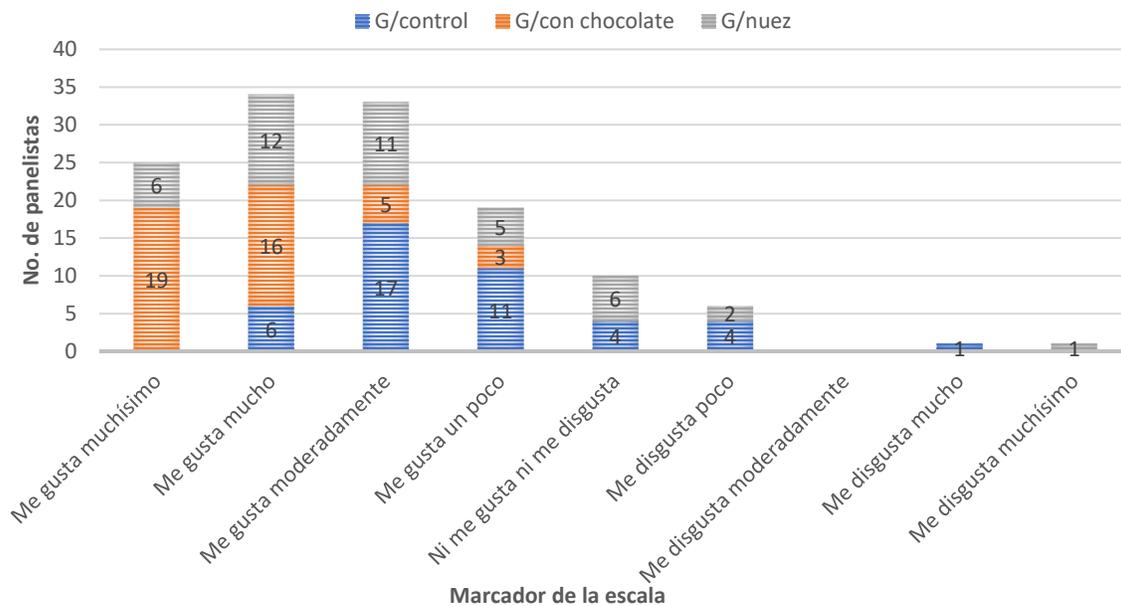


Figura 6. Curva patrón para ABTS



A = galleta control, B = galleta control más chocolate, C = galleta control más nuez

Figura 7. Galletas control



G/control = Galleta control; G/con chocolate = Galleta con chocolate, G/ con nuez = Galleta con nuez

Figura 8 . Gráfica escala verbal de nueve puntos

Hoja de respuesta
Prueba hedónica de nivel de agrado

Edad: _____

Producto: GALLETA

Instrucciones: Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra.

Escala	MUESTRA		
	029	101	998
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta un poco			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta poco			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			

GRACIAS

Figura 9. Formato escala verbal de nueve puntos

Hoja de respuesta

Prueba de comparación múltiple de discriminación

Usted va a recibir una muestra control marcada "C" y dos muestras codificadas "101" y "998".

Por favor compare cada muestra con el control e indique con una (X) si es mejor, igual o peor que el control en relación a *cada variable cuestionada*. Enseguida, señale con una (X) el grado de diferencia de acuerdo con la escala.

- Las Variables a comparar se encuentran en la parte superior izquierda de cada tabla
- muestra control 029

APARIENCIA	Muestra	
	101	998
Mejor		
Igual		
Peor		
Grado de diferencia		
Ninguno		
Ligero		
Regular		
Mucho		
Extremo		

AROMA	Muestra	
	101	998
Mejor		
Igual		
Peor		
Grado de diferencia		
Ninguno		
Ligero		
Regular		
Mucho		
Extremo		

TEXTURA	Muestra	
	101	998
Mejor		
Igual		
Peor		
Grado de diferencia		
Ninguno		
Ligero		
Regular		
Mucho		
Extremo		

SABOR	Muestra	
	101	998
Mejor		
Igual		
Peor		
Grado de diferencia		
Ninguno		
Ligero		
Regular		
Mucho		
Extremo		

CROCANCIA	Muestra	
	101	998
Mejor		
Igual		
Peor		
Grado de diferencia		
Ninguno		
Ligero		
Regular		
Mucho		
Extremo		

Comentarios: _____

Figura 10. Formato prueba de comparación múltiple de discriminación

1. ¿Cuál de las muestras otorgadas fue de mayor agrado para usted?

“029” ()

“101” ()

“998” ()

2. ¿Consumes galletas integrales?

SI ()

NO ()

Si tu respuesta fue no pase a la pregunta 4; Gracias

3. ¿Con que frecuencia sueles consumir galletas integrales?

Diario ()

3 veces a la semana ()

1 vez al mes ()

4. ¿Suele usted preparar galletas en casa?

SI ()

NO ()

*Si tu respuesta fue no pase a la pregunta 6; Gracias

5. ¿Qué tipo de harina suele usar para preparar las galletas?

Trigo ()

Maiz ()

OTRO: _____

6. ¿Hay algo que usted preferiria que fuece diferente en este producto? SI () NO ()

¿Que?: _____

¿Porqué?: _____

GRACIAS!!

Figura 11. Formato de preguntas

Información Nutricional	
Tamaño de la porción: 30 g (2 galletas aprox.)	
Porciones por envase: 6.33 aprox.	
Cantidad por porción:	
Contenido energético:	580 kJ (139 kcal)
Proteínas	2.6 g
Grasas totales (lípidos)	6.9 g
de los cuales	
Grasa saturada	2.1 g
Grasa monoinsaturada	3.1 g
Grasa poliinsaturada	1.5 g
Ácidos grasos trans	0.2 g
Colesterol	0 mg
Carbohidratos totales	18.3 g
(hidratos de carbono) de los cuales	
Azúcares	6.1 g
Fibra dietética	1.8 g
Sodio	94 mg

Figura 12. Galleta integral avena y nuez TAIFELD'S

Información Nutricional	
Tamaño de la porción: 30 g (2 galletas aprox.)	
Porciones por envase: 8.3 aprox.	
Cantidad por porción:	
Contenido energético	602 kJ (144 kcal)
Proteínas	2 g
Grasas (lípidos)	8 g
de las cuales:	
Grasa saturada	4 g
Grasa monoinsaturada	2 g
Grasa poliinsaturada	2 g
Ácidos grasos trans	0 g
Colesterol	10 mg
Carbohidratos (hidratos de carbono)	16 g
de los cuales:	
Azúcares	6 g
Sacarosa	0 g
Fibra dietética	2 g
Sodio	36 mg

Figura 13. Galleta integral avena TAIFELD'S

Información Nutricional	
Tamaño por porción: 3 Tostaditas (18g)	
Porciones por envase 48 aprox.	
Cantidad por porción	
Contenido energético: 294 KJ (70 Kcal)	
	Valor Diario*
Grasa Total 1 g	2 %
Grasa Saturada 0 g	0 %
Grasa Trans 0 g	
Grasa Monoinsaturada 0 g	
Grasa Poliinsaturada 0.5 g	
Colesterol 0 g	0 %
Sodio 110 mg	5 %
Carbohidrato Total 15g	5 %
Fibra Dietaria 2 g	8 %
Azúcares 0 g	
Proteína 2 g	4%
Tiamina	8 %
Riboflavina	6 %
*Los porcentajes de valores diarios están basados en una dieta diaria de 2.000 Calorías. *Su valor diario puede ser más bajo o más alto dependiendo de las Calorías que se necesiten.	
	Calorías 2,000 2,500
Grasa Total	Menos de 65 g 60 g
Grasa Saturada	Menos de 20 g 25 g
Colesterol	Menos de 300 mg 300 mg
Sodio	Menos de 2,400 mg 2,400 mg
Carbohidrato Total	300 g 375 g
Fibra Dietética	25 g 30 g
Calorías por gramo:	
Grasa 9	Carbohidrato 4 Proteína 4

Figura 14. Galleta de maíz horneada Sanissimo

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción: 30 grs. (6 unidades)		
Porciones por envase: 5 aprox.		
	100g	30g
Energía (kcal)	357	107
Proteínas (g)	7.0	2.1
Grasa Total (g)	6.1	1.8
Grasa Saturada (g)	0,8	0,2
Grasa Monoinsaturada (g)	2,0	0,6
Grasa Poliinsaturada (g)	2,8	0,8
Grasa Trans (g)	0,0	0,0
Colesterol (mg)	0	0
H. de C. Disp. (g)	68.6	20.6
Azúcares Totales (g)	0,0	0,0
Fibra Dietaria (g)	6.2	1.9
Sodio (mg)	393	118
Ingredientes: Harina de maíz, semillas de sésamo, almidón de maíz, sal de mar y cúrcuma		

Figura 15. Galleta de maíz horneadas con cúrcuma y sésamo – Tika

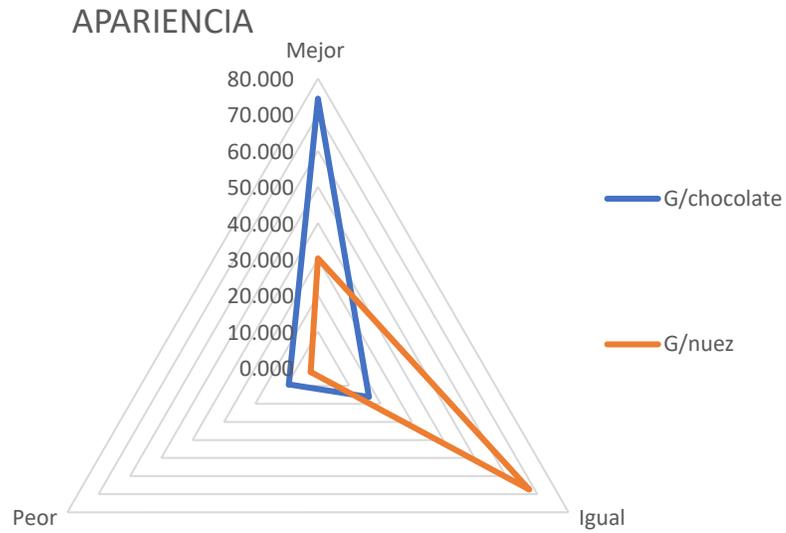


Figura 16. Gráfica del parámetro de apariencia para la prueba de comparación múltiple

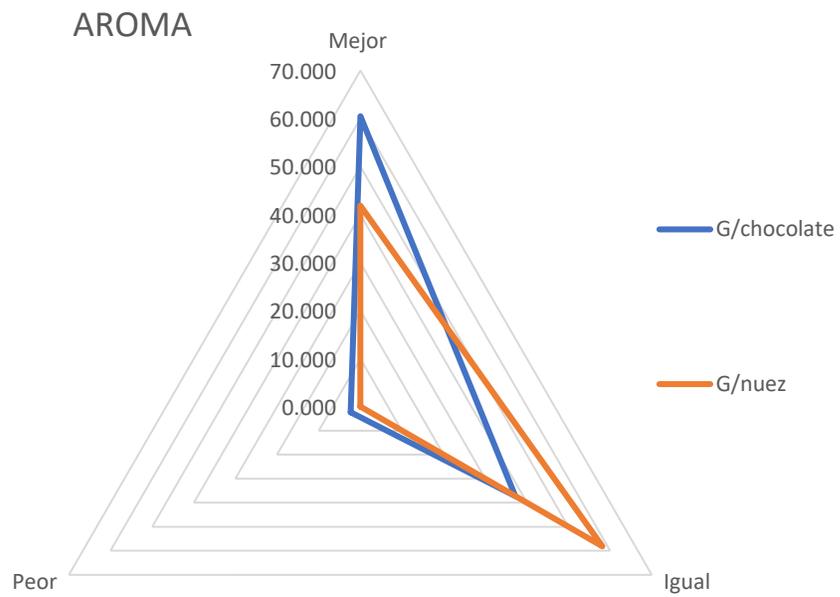


Figura 17. Gráfica del parámetro de aroma para la prueba de comparación múltiple

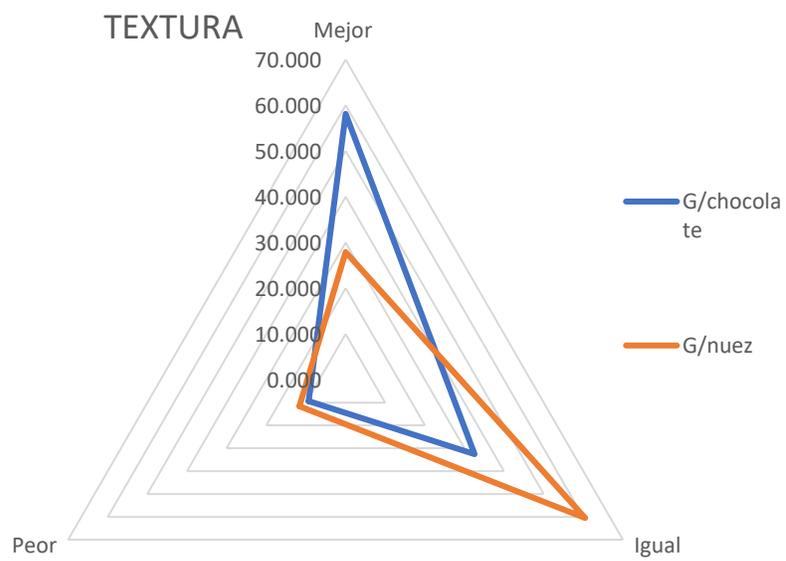


Figura 18. Gráfica del parámetro de textura para la prueba de comparación múltiple

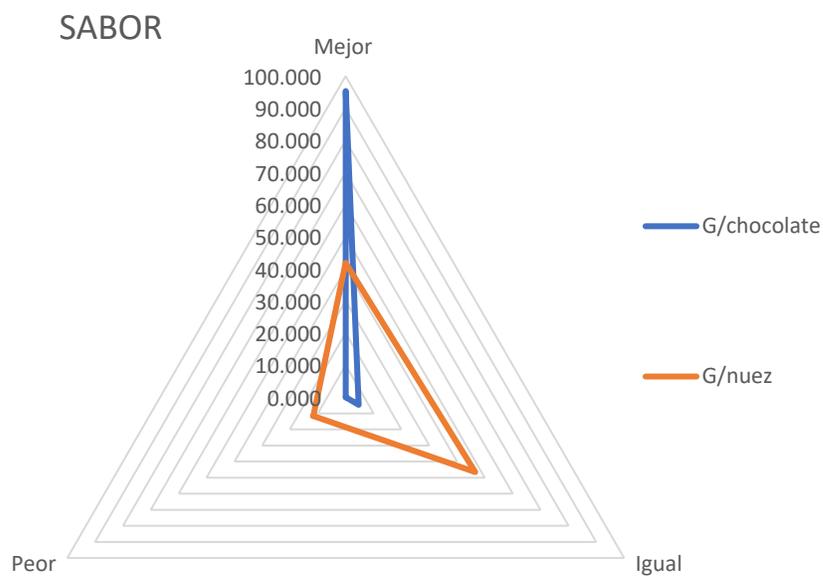


Figura 19. Gráfica del parámetro de sabor para la prueba de comparación múltiple

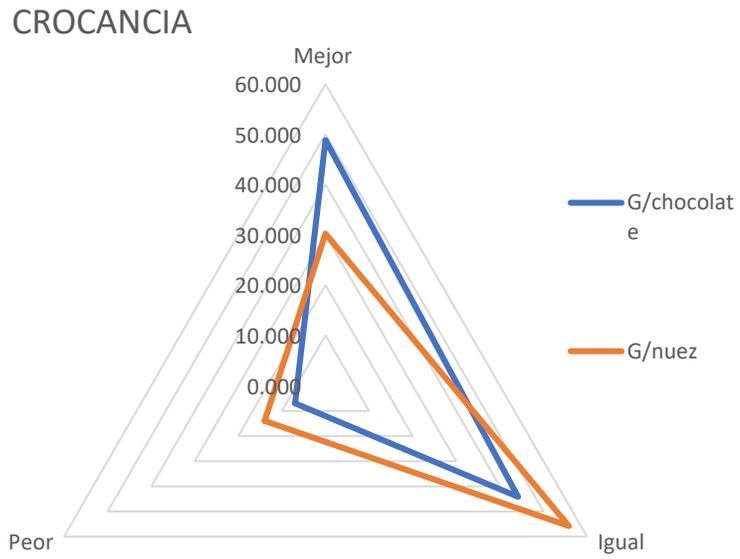


Figura 20. Gráfica del parámetro de crocancia para la prueba de comparación múltiple

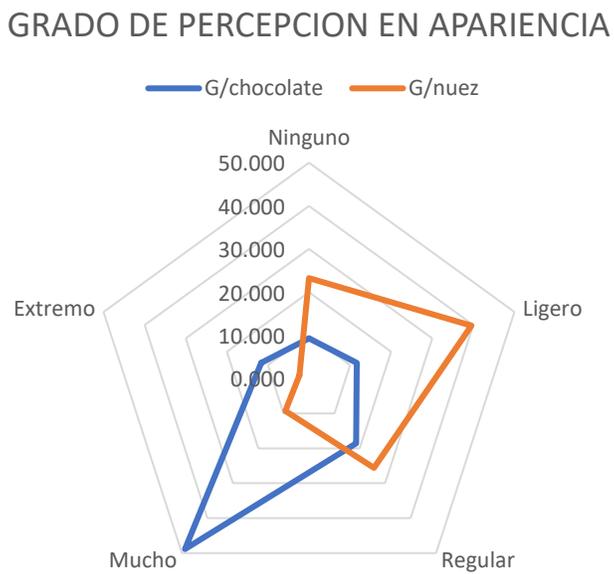


Figura 21. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de apariencia

GRADO DE PERCEPCION EN AROMA

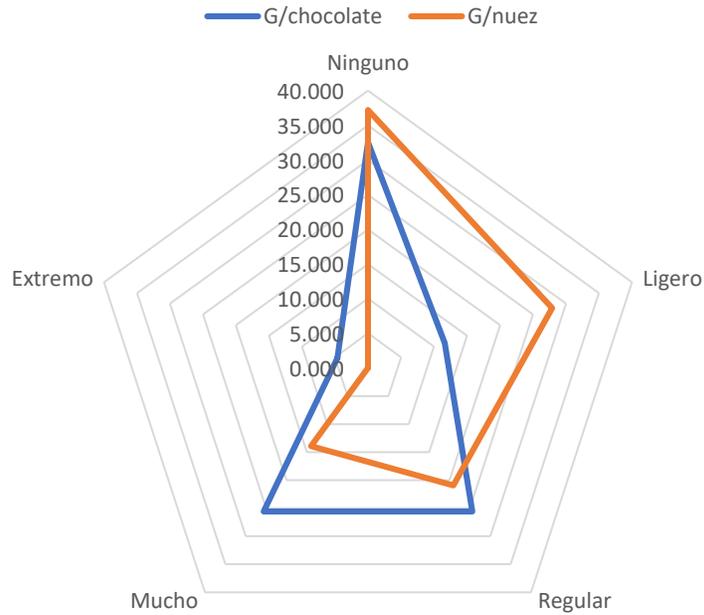


Figura 22. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de aroma

GRADO DE PERCEPCION EN TEXTURA

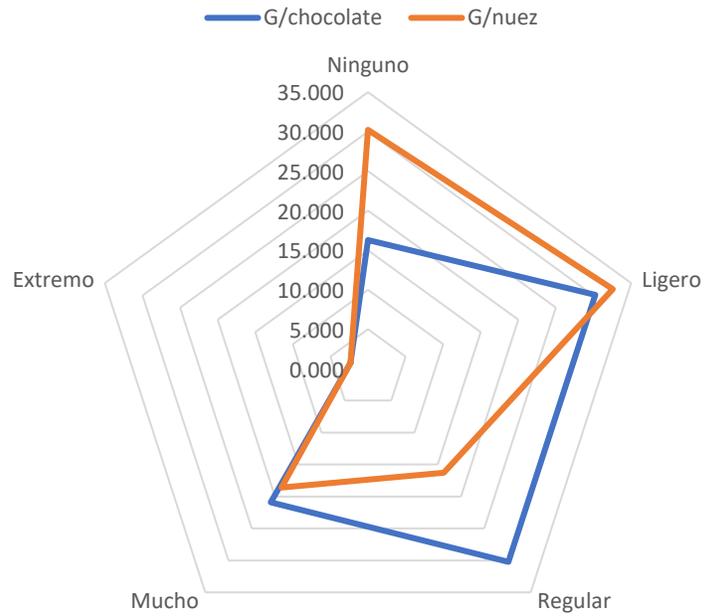


Figura 23. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de textura

GRADO DE PERCEPCION EN SABOR

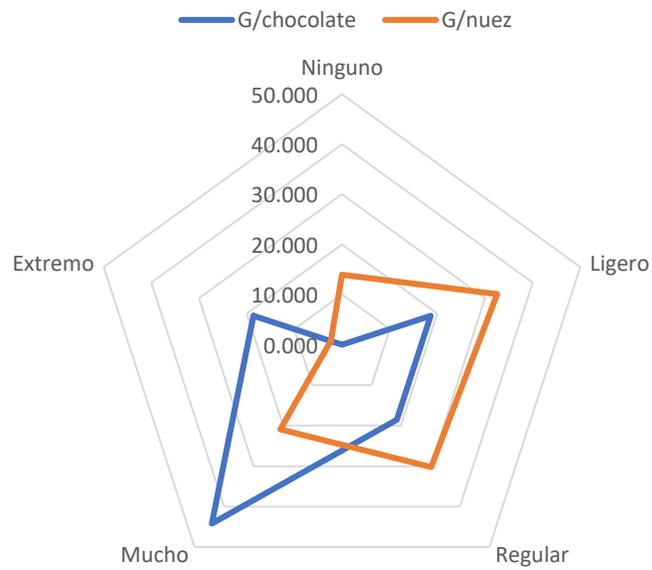


Figura 24. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de sabor

GRADO DE PERCEPCION EN CROCANCIA

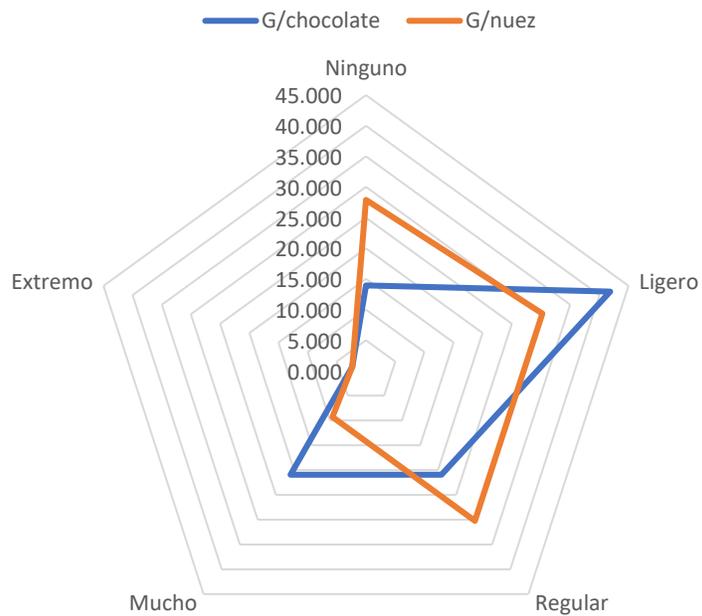


Figura 25. Gráfica del grado de percepción para el parámetro de crocancia