



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EFFECTO DE LA INULINA, FIBRA SOLUBLE DE MAÍZ Y GALACTO-
OLIGOSACÁRIDOS USADOS COMO AGENTES DE RELLENO, SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE UNA FORMULACIÓN DE GALLETA
Y OTRA DE PANQUÉ SIN AZÚCAR AÑADIDA

INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:
BIBIANA APARICIO GONZALEZ

ASESOR:
ALBERTO TECANTE CORONEL



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX. 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: VELAZQUEZ MADRAZO OLGA DEL CARMEN

VOCAL: Profesor: CASILLAS GOMEZ FRANCISCO JAVIER

SECRETARIO: Profesor: TECANTE CORONEL ALBERTO

1er. SUPLENTE: Profesor: GARCIA ARRAZOLA ROEB

2° SUPLENTE: Profesor: ELIAS PATIÑO ANA KARINA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

ASEAL DE MÉXICO. Laboratorio de Aplicación y Desarrollo, Autopista México-Querétaro. Parque Industrial Cuamatla, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. CP 54730.

Departamento de Alimentos y Biotecnología, Laboratorio L-313, Facultad de Química, Conjunto E, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, CdMx.

ASESOR DEL TEMA: Alberto Tecante Coronel

SUPERVISOR TÉCNICO: N/A

SUSTENTANTE (S): Bibiana Aparicio González

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Alberto Tecante Coronel por darme la oportunidad de realizar este trabajo en conjunto, por su amable dirección en el mismo, por la confianza brindada para abrirme las puertas de su laboratorio y en general, por su valioso apoyo profesional.

A la UNAM, Facultad de Química y profesores, que me dieron todas las bases para mi desarrollo científico profesional.

A la I.A. Mariana Ramírez Gilly por su tiempo, apoyo técnico y profesional en las pruebas de determinación de humedad, actividad de agua y de análisis de perfil de textura.

A la empresa Grupo Aseal, por apoyarme en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mi padre, por ser mi roca, sostén e impulso, por brindarme las palabras precisas, confiar en mí y guardarme. Por acompañarme en desvelos, exámenes y entrevistas. Sé que estaré para ti, porque tú siempre estarás para mí.

A mi madre, por tu paciencia, tiempo y amor incondicional.

A mi hermano por ser la luz en mi camino, por tu entendimiento, compañía y compasión.

A mis amigos; Axel, Pau, Dani, Erika, Nathaly, Angel, por ser mi gran equipo, escucharme, enseñarme y acompañarnos, si bien cursamos solo la universidad juntos sé que siempre estarán en mi vida.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	7
I.1 Objetivo general	7
I.2 Objetivos particulares	8
I.3. Problemática mundial	8
I.4 Situación en América	8
I.5 Implementación de soluciones	8
I.6. Panificación y galletería en México	9
I.7 Productos de panificación	9
I.7.1 Masas batidas	9
I.7.2 Galletas	9
I.8 Ingredientes funcionales	10
I.8.1 Fibras solubles	10
I.8.1.1 Inulina	10
I.8.1.2 Fibra soluble de maíz	11
I.8.1.3 Galacto-oligosacáridos	11
I.9 Perfil de textura	12
II. METODOLOGÍA	13
II.1 Materiales	14
II.2 Formulaciones de los productos	14
II.3 Elaboración de panqué	15
II.4 Elaboración de galleta	15
II.5 Pérdida por horneado	16
II.6 Determinación de altura y diámetro	16
II.7 Color de corteza y miga	16
II.8 Determinación de humedad	16
II.9 Determinación de la actividad de agua	17
II.10 Perfil de Textura	17
II.11. Caracterización sensorial	17
II.11.1 Análisis Descriptivo cuantitativo QDA®	18
II.11.2 Prueba Discriminativa escalar de control	18

II.12 Análisis estadístico	18
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
III.1 Propiedades físicas	19
III.2 Humedad y actividad de agua	22
III.3 Análisis de perfil de textura	24
III.3.1 Panqués	24
III.3.2 Galletas	26
III.4 Análisis descriptivo o cuantitativo de los panqués	28
III.5 Análisis descriptivo o cuantitativo de las galletas	30
III.6 Información nutrimental	32
III.6.1 Panqués	32
III.6.2 Galletas	35
IV. CONCLUSIONES	37
V. REFERENCIAS	38
VI. BIBLIOGRAFÍA	42
VII. ANEXOS	43

I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) como un grupo de enfermedades que no son causadas principalmente por una infección aguda. Estas enfermedades se han convertido en la principal causa de morbilidad, mortalidad y discapacidad en el mundo e incluyen cánceres, enfermedades cardiovasculares, diabetes, entre otras (OMS, 2022). Algunas de estas enfermedades se pueden prevenir mediante la reducción de los factores de riesgo comunes, como la inactividad física y el consumo de alimentos poco saludables. Las autoridades han trabajado en su prevención y atención implementando diversas políticas públicas y normas como la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria (2010). Esta norma ofrece información clara sobre los productos para que el consumidor pueda tomar decisiones con plena conciencia sobre sus beneficios o posibles afectaciones a la salud. La respuesta de los productores ha sido reformular sus productos para evitar el uso de sellos o leyendas precautorias teniendo una etiqueta limpia.

Muchas de estas reformulaciones están enfocadas en eliminar el azúcar y por ello son complejas pues se necesita un reemplazo funcional que ayude a mantener las características propias del producto, manteniendo al mismo tiempo su calidad y la aceptación del consumidor. El uso de fibras para estas reformulaciones se ha vuelto cada vez más común. Además, ofrecen una variedad de beneficios nutricionales y de salud deseables para el consumidor.

I.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la inulina, la fibra soluble de maíz y los galacto-oligosacáridos sobre las características sensoriales de dos productos de panificación; galletas y panqué, para disponer de información que facilite a la industria adecuar formulaciones de panificación sin azúcar.

I.2 Objetivos particulares

Evaluar las propiedades sensoriales de los productos de panificación para conocer el aporte individual de las fibras añadidas y su efecto sobre la aceptación de los productos.

Caracterizar el comportamiento funcional de los productos de panificación para conocer el efecto individual de las fibras añadidas sobre la identidad de los productos.

I.3 Problemática mundial

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) y sus factores de riesgo se han convertido en la principal causa de morbilidad, mortalidad y discapacidad en el mundo, y constituyen un reto complejo en términos de salud pública, además de una seria amenaza para el desarrollo económico y social (OPS/OMS, 2022).

I.4 Situación en América

América es uno de los continentes con mayor prevalencia de factores de riesgo para enfermedades no transmisibles (ENT), ya que estas causan aproximadamente 5.5 millones de muertes al año. En América el 59 % de la población tiene sobrepeso u obesidad lo que coloca a esta región con el mayor índice de obesidad a nivel mundial (Dirección general de epidemiología, 2021; OPS/OMS, 2022).

I.5 Implementación de soluciones

Dada la demanda actual de los consumidores por alimentos saludables, el reemplazo de azúcar, así como la incorporación de fibra en productos de panificación resulta de gran interés. Sin embargo, estas reformulaciones afectan significativamente las propiedades y características del propio producto por lo que su estudio es de gran importancia.

I.6 Panificación y galletería en México

En México, la historia del pan está ligada a la conquista española, pues fueron los españoles quienes trajeron el trigo y sus procesos para transformarlo en productos alimenticios. Actualmente esta transformación forma parte de una gran cultura y tradición. De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora el consumo per cápita anual de pan en México es de 33.5 kg, de los cuales entre 70 y 75 % corresponde a pan blanco, y el restante 30 o 25 %, respectivamente, a pan dulce, galletas y pasteles (Cámara Nacional de la Industria Panificadora CANAINPA, 2020).

I.7 Productos de panificación

I.7.1 Masas batidas

Estas masas están formadas por una mezcla de ingredientes, agua, harina, leudante, sal, entre otros, que tiene una consistencia muy viscosa. A diferencia de las masas sólidas son producidas al airear la mezcla líquida por medio de acción mecánica, atrapando burbujas de aire durante el mezclado y reteniéndolas durante el horneado, dando como resultado un panqué con atributos de calidad deseables como alto volumen, esponjosidad, estructura de la miga uniforme y suavidad, entre otros (Massey, Khare, & Niranjana, 2001; Wilderjans, Luyts, Brijs, & Delcour, 2013). Los panqués son uno de los productos de las masas batidas que son relativamente densos y tienen una miga suave y un sabor dulce. Su contenido final de humedad varía típicamente entre 18.0 y 28.0 g/100 g y por lo tanto son más bajos que los del pan formado por desarrollo del gluten, pero mayor que las galletas. Esta característica se basa principalmente en las proporciones de sus ingredientes y en los diferentes métodos de preparación (Wilderjans *et al.*, 2013).

1.7.2 Galletas

Las galletas son productos alimenticios elaborados principalmente por una mezcla de harinas, aceites o grasas, que pueden incluir o no azúcares y otros ingredientes como, aromas,

condimentos, especias, principalmente, y que se someten a una operación de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido de agua. De acuerdo con la norma NMX-F-006-1983 “Alimentos – Galletas” el porcentaje de humedad de las galletas se deberá encontrar entre 6.0 y 8.0 g/100 g como máximo.

I.8 Ingredientes funcionales

1.8.1 Fibras solubles

El uso de fibras como aditivos se ha vuelto cada vez más común en formulaciones en las que se requiere hacer el reemplazo funcional de azúcar, pues brindan una variedad de beneficios nutricionales y de salud deseados por el consumidor, incluida la salud digestiva, el control del peso a través de la reducción de calorías, una respuesta glucémica benéfica, una mejor absorción de calcio, importante para la salud ósea, efectos prebióticos y un control saludable del colesterol. Su incorporación en las matrices alimentarias permite disminuir la brecha entre las ingestas habituales de fibra y las ingestas recomendadas (Tate & Lyle, 2009).

1.8.1.1 Inulina

La inulina es un fructo-oligosacárido lineal formado por una glucosa terminal cuya unión molecular de enlaces β -(2-1) glicosídicos la hace no digerible (Figura I.1).

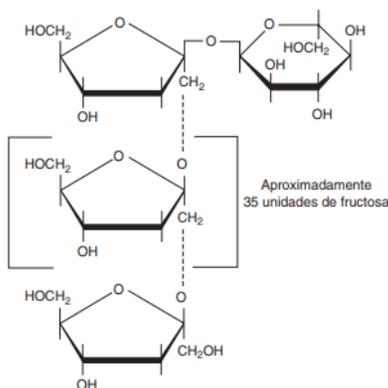


Figura I.1 Estructura lineal de la inulina (Badui Dergal, 2006).

Se encuentra en plantas como el maguey, el ajo y la alcachofa, entre otras. Posee un sabor neutral suave, es moderadamente soluble en agua y otorga cuerpo y palatabilidad. Tiene diversas aplicaciones en la industria de alimentos y un aporte calórico máximo de 1.5 kcal/g. Sin embargo, en seres humanos dosis mayores de 30 g/día ocasionan efectos gastrointestinales adversos (Badui Dergal, 2006; Camire *et al.*, 2001; Rao, 1999; Madrigal, *et al.*, 2007; Olagnero *et al.*, 2007).

1.8.1.2 Fibra soluble de maíz

Existen fibras solubles de maíz con distinto porcentaje de fibra dietética y azúcar. Estas fibras son producidas a través de la hidrólisis enzimática del almidón de maíz, y contienen una mezcla de enlaces glucosídicos α 1-6, α 1-4 y α 1-2 mismos que contribuyen a la baja digestibilidad. Son de baja viscosidad, solubles en agua, muy estables al calor, el pH, y el estrés que causan algunos procesos (Tate & Lyle, 2017).

1.8.1.3 Galacto-oligosacáridos

Los oligosacáridos basados en la galactosa se denominan galacto-oligosacáridos (GOS) y son prebióticos que se utilizan en las formulaciones de alimentos funcionales. En la Figura I.2 se muestra su fórmula química general. Los tipos de enlace que pueden ocurrir entre las unidades de galactosa-glucosa en los GOS son β -(1-3), β -(1-4) y β -(1-6) pero predomina el enlace β -(1-4).

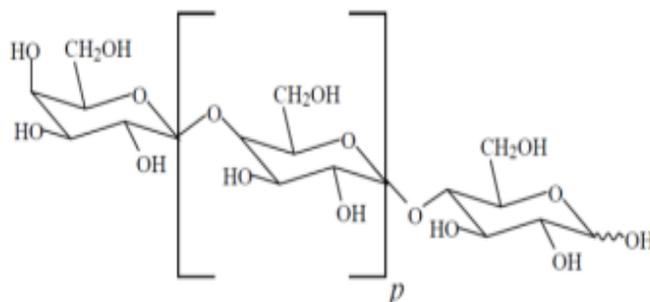


Figura I.2 Fórmula estructural de los galacto-oligosacáridos (Gal: Galactosa, Glu: Glucosa, p: Grado de oligomerización > 1) (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2008).

Dentro de las propiedades de los GOS se encuentran su solubilidad en agua y su sabor dulce, por lo general entre 0.3 y 0.6 veces el sabor dulce de la sacarosa. Esta propiedad de los GOS depende de su estructura y masa molar, así como el nivel de mono- y disacáridos presentes en la mezcla. Una consideración importante es la alta masa molar de los GOS que trae como consecuencia un aumento en la viscosidad de sus disoluciones que resulta en productos con mayor consistencia y mejor sensación en la boca (Crittenden *et al.*, 1996; Panesar *et al.*, 2010; Mahoney, 1998; Sako *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2001).

I.9 Perfil de textura

Un punto importante a la hora de aceptar o rechazar un alimento es su textura, ya que esta es un conjunto de elementos relativos a la estructura y la manera como se relacionan con los sentidos fisiológicos. Por ello su caracterización es de suma importancia para el estudio de los alimentos. El análisis del perfil de textura es un excelente procedimiento instrumental, que simula la masticación de la mandíbula; ayuda a medir y a cuantificar parámetros tales como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad entre otros, que se relacionan a su vez con variables como la tasa de deformación aplicada y la composición del producto (Torres *et al.*, 2015).

II. METODOLOGÍA

La Figura II.1 muestra las etapas de la estrategia experimental seguida en este estudio.

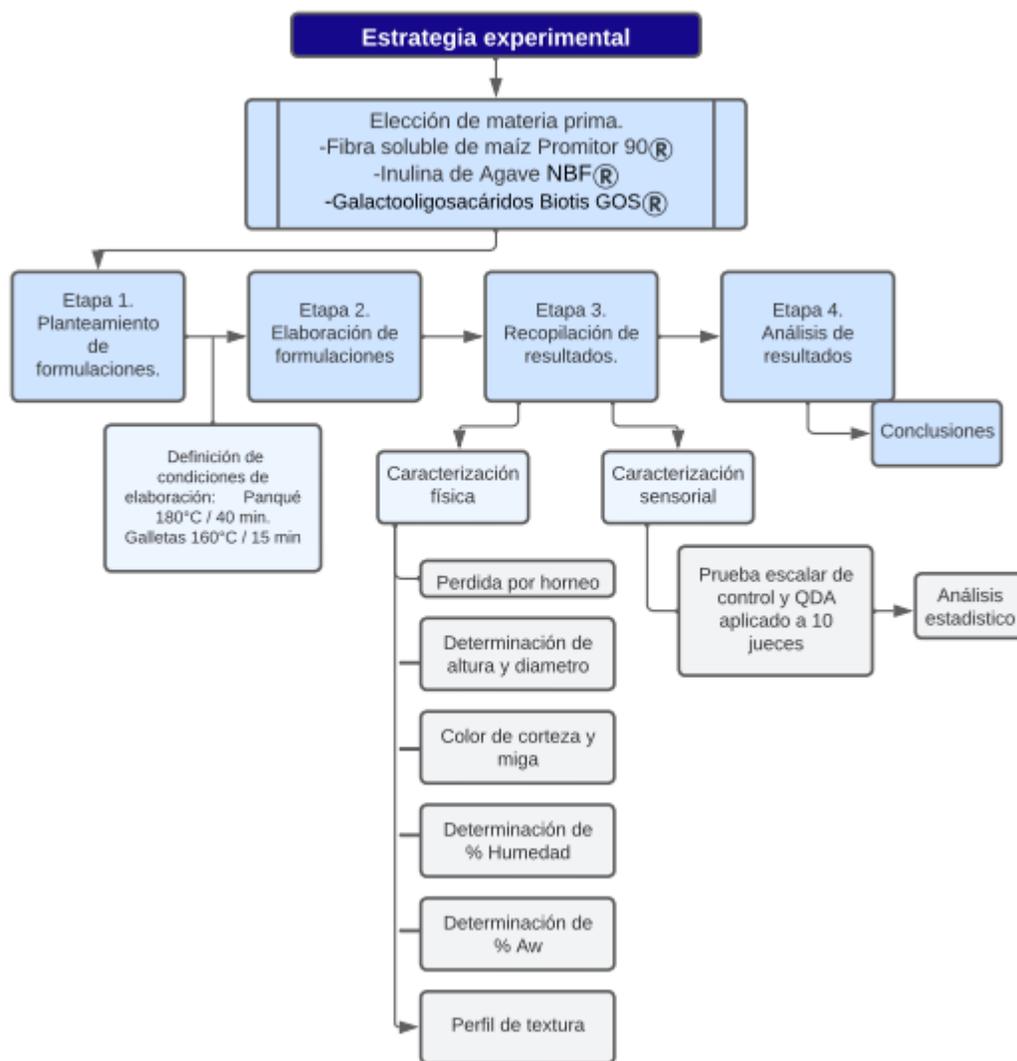


Figura II.1 Estrategia experimental de este estudio.

La industria de alimentos está concentrada en reformular productos que tengan bajas calorías, reducidos en azúcar y grasas saturadas (Aggarwal, Sabikhi, & Kumar, 2016). En este contexto, en este proyecto se reformuló un panqué de masa batida y galletas con bajo contenido calórico, mediante la sustitución de azúcar por inulina de agave, fibra soluble de maíz y galacto-oligosacáridos.

II.1 Materiales

Se utilizó inulina de Agave Orgánica de la marca NBF® con un porcentaje de 89 g/100 g y un contenido energético de 0.32 kcal/g. La fibra soluble de maíz PROMITOR®90 de la empresa Tate & Lyle, esta preparación comercial tiene un mínimo de fibra dietética de 90 g/100 g y menos de 2 g/100 g de azúcar con un valor calórico de 1.1 kcal/g. Los oligosacáridos Biotis GOS® de la empresa Friesland Campina con un contenido de fibra dietética de 47.6 g/100 g y un valor energético de 2.3 kcal/100 g. Todas las formulaciones se prepararon con harina de trigo (SELECTA®, México) proteína 10 g/100 g, grasas totales 1 g/100 g, carbohidratos 76 g/100 g, fibra 4 g/100 g, mantequilla (IBERIA®, México) proteína 1 g/100 g, grasas totales 80.2 g/100 g, carbohidratos 2 g/100 g, alulosa cristalina como edulcorante no calórico, fibra soluble, leche entera en polvo (ALPURA®, México), azúcar (GREAT VALUE®, México) y huevo entero (SAN JUAN®, México).

II.2 Formulaciones de los productos

Se realizaron cuatro pruebas para los panqués y cuatro para las galletas (Tabla II.1) teniendo como control fórmulas tradicionales con azúcar y como variable las fibras evaluadas. Se codificaron para posteriores evaluaciones siguiendo el siguiente formato MX(AA)(MM)(prueba 01, 02 y así sucesivamente).

Tabla II.1 Códigos de los productos con diferentes fibras.

Muestras	Códigos	
	Galletas	Panqués
Control	MX220901	MX220905
Inulina	MX220902	MX220906
GOS	MX220903	MX220907
Fibra soluble de maíz	MX220904	MX220908

Con base en estudios previos realizados en el laboratorio se definió utilizar 55 % del porcentaje de azúcar como fibra y el restante 45 % alulosa cristalina como edulcorante, con las formulaciones mostradas en la Tabla II.2.

Tabla II.2 Formulaciones de las galletas y panqués.

Ingredientes	Contenido (g/100 g)			
	Galleta control	Galleta	Panqué control	Panqué
Harina	50.00	50.00	25.00	25.00
Mantequilla	35.71	35.71	25.00	25.00
Huevo	0.00	0.00	25.00	25.00
Azúcar	10.71	0.00	25.00	0.00
Fibra	0.00	5.90	0.00	13.75
Alulosa cristalina	0.00	4.82	0.00	11.25
Leche en polvo	3.58	3.57	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

II.3 Elaboración de panqué

Para la elaboración del panqué, se mezcló mantequilla y azúcar, durante 3 min con una batidora de pedestal (KitchenAid, K45SSA, Capacidad 4.7 L) en velocidad 3. En el caso de las formulaciones sin azúcar se utilizó la fibra por evaluar. Luego se añadió el huevo y se mezcló durante 2 min. Por último, se agregó la harina hasta incorporarla en 2 min. Las mezclas se vaciaron en moldes de 11 cm x 21.5 cm y se hornearon (RATIONAL, LM100BG) al mismo tiempo a 180 °C por 40 min. Después, se enfriaron 30 min a temperatura ambiente y se mantuvieron en bolsas de plástico selladas para evitar la pérdida de humedad y contaminación.

II.4 Elaboración de galleta

Para la elaboración de la galleta, se mezcló la mantequilla con el azúcar durante 3 min con una batidora de pedestal (KitchenAid, K45SSA. Capacidad 4.7 L) en velocidad 3. En el caso de las formulaciones sin azúcar se utilizó la fibra por evaluar. Posteriormente se añadió la

harina junto con la leche en polvo previamente tamizadas y se mezcló durante 2 min. Se refrigeró la mezcla por 20 min. La mezcla se extendió con ayuda de un rodillo hasta tener un espesor uniforme de 0.5 cm. Enseguida se cortaron con un cortador redondo para galletas de 5.5 cm de diámetro y se colocaron sobre papel encerado, se hornearon (RATIONAL, LM100BG) al mismo tiempo a 160 °C por 15 min. Después, se enfriaron 30 min a temperatura ambiente y se mantuvieron en bolsas de plástico selladas para evitar la pérdida de humedad y/o contaminación.

II.5 Pérdida por horneado

La pérdida por horneado se calculó utilizando la siguiente ecuación (Heo *et al.*, 2019)

$$\text{Pérdida por horneado} \left(\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{\text{masa de la mezcla (g)} - \text{masa del panqué (g)}}{\text{masa de la mezcla (g)}} \times 100$$

II.6 Determinación de altura y diámetro

Se determinó la altura y el diámetro antes y después de hornear con ayuda de un Vernier de 12 in.

II.7 Color de la corteza y miga

La caracterización de color se realizó mediante la aplicación digital PANTONE®.

II.8 Determinación de humedad

La humedad se determinó en una termobalanza (OHAUS, Modelo MB45-2A0, EE. UU). Las condiciones preestablecidas fueron 1 g de muestra, 10 min a 100 °C. Se realizaron tres repeticiones para cada muestra de panqué y de galleta.

II.9 Determinación de la actividad de agua

La actividad de agua se determinó en un medidor (Humimeter water activity meter Modelo RH2, Marca Schaller, EE. UU.) con cámara de 186 mL de capacidad máxima. Para ello se homogeneizó cada muestra con una licuadora y se colocaron 30 ± 0.5 g de muestra dentro de la cámara. Se hicieron tres repeticiones para cada muestra de panqué y de galleta.

II.10 Perfil de Textura

El análisis de perfil de textura se hizo en un equipo de pruebas mecánicas (MTS, Sintech 1/S, EE. UU.). Las muestras de panqués se cortaron en cubos de 3 cm x 3cm con ayuda de un cuchillo eléctrico. Para las galletas las muestras fueron de 0.5 cm de espesor. La velocidad de compresión fue 60 mm/min. En el caso de los panqués se utilizó una sonda cilíndrica de 3 cm de diámetro. Se programaron 2 ciclos de compresión, con una deformación de 50 %. Para el caso de las galletas se utilizó una sonda de 1.27 cm de diámetro y se programó el equipo para detenerse al momento de la fractura total. Para cada muestra se realizaron doce repeticiones para obtener una medición más representativa.

La deformación se calculó con la siguiente ecuación

$$L \text{ (mm)} = vt = \left(\frac{60 \text{ mm}}{\text{min}} \right) \times \text{tiempo (min)}$$

El esfuerzo de compresión se calculó con la ecuación

$$\sigma \left(\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{F \text{ (N)}}{A \text{ (cm}^2)}$$

II.11 Caracterización sensorial

Para estas pruebas se proporcionó un vaso con agua y se entregaron cuestionarios a diez panelistas no entrenados, pero consumidores habituales de pan y galletas.

II.11.1 Análisis descriptivo cuantitativo® (QDA)

Este método evalúa las propiedades de una muestra con base en los atributos sensoriales en el orden de la percepción asignando un valor de intensidad a cada atributo. Se utilizó una escala de agrado de diez puntos. Se evaluaron las variables de olor, textura, sabor y aspecto en general (Ares, 2011).

II.11.2 Prueba discriminativa escalar de control

Esta prueba es una de las empleadas en los paneles de evaluación sensorial cuando se quiere determinar si existen diferencias entre una o más muestras con respecto a un control y para estimar el tamaño de las diferencias, utilizando una escala estructurada o no estructurada. Se requiere para esta prueba de mínimo diez panelistas y no se deben presentar más de seis muestras al mismo tiempo. Es útil en situaciones en que la diferencia es detectable, pero donde el tamaño de la diferencia puede afectar las decisiones a tomar. Para tabular los datos se asigna un número a cada punto de la escala y para esta prueba se realizó un análisis de varianza, con el fin de determinar las diferencias significativas halladas entre las muestras evaluándose únicamente la textura percibida para cada una de las muestras (Astudillo, 2016).

II.12 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey para una significación estadística de $P \leq 0.05$.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Propiedades físicas

La Tabla III.1 muestra los porcentajes promedio ($n = 4$) de pérdida por horneado y altura para los panqués. Durante el horneado el calor se transfiere hacia el interior del pan atravesando su superficie creando un gradiente de temperatura que conduce a cambios físicos y químicos en la matriz. Uno de esos cambios es la merma o pérdida, es decir, la cantidad de agua que se mueve del interior al exterior del pan y se evapora al llegar a su superficie. Esta merma de cierto modo reduce el contenido de humedad del pan y por lo tanto afecta directamente a sus propiedades sensoriales y de textura (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004). Las formulaciones con fibra tienen un menor porcentaje de pérdida en comparación con el control porque las fibras aun las solubles tienen la capacidad de retener agua debido a su naturaleza. Por ende, esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en los productos horneados (Baena & García, 2012).

Tabla III.1 Pérdida por horneado y altura promedio ($n = 4$) para las pruebas del panqué.

Muestra	m_M (g) ^(a)	m_P (g) ^(b)	PH (%) ^(c)	h_{AH} (cm) ^(d)	h_{DH} (cm) ^(e)
Control	576.50 ± 21	513.80 ± 21	10.88 ± 27	5.0 ± 0.2	7.0 ± 0.2
Inulina	595.60 ± 19	536.10 ± 23	9.99 ± 21	5.0 ± 0.2	6.7 ± 0.2
GOS	582.20 ± 11	527.00 ± 17	9.48 ± 14	5.0 ± 0.2	7.0 ± 0.2
Fibra soluble de maíz	589.90 ± 15	527.90 ± 14	10.51 ± 15	5.0 ± 0.2	6.3 ± 0.2

(a)masa de mezcla, (b)masa del panqué, (c)pérdida por horneado, (d)altura antes del horneado, (e)altura después del horneado.

Además, en el horneado el aire que se incorporó al batir mecánicamente queda atrapado en la masa, se dilata por efecto del calor y forma los alvéolos típicos de los batidos livianos. A medida que el calor penetra en las burbujas, las proteínas de la clara de huevo coagulan y le confieren a la masa una resistencia definitiva. Este fenómeno resulta en la formación de una miga cuya uniformidad depende de la resistencia del sistema que se haya formado. Por su parte las fibras añadidas tienen la capacidad de mejorar la consistencia del batido y por ende del producto final. En la Figura III.1 se muestran las masas batidas antes de hornear, en las

que se puede observar cómo su consistencia no tiene un cambio perceptible visualmente. Sin embargo, en la Figura III.2 sí se aprecian las diferencias entre las distintas migas de los panqués horneados.

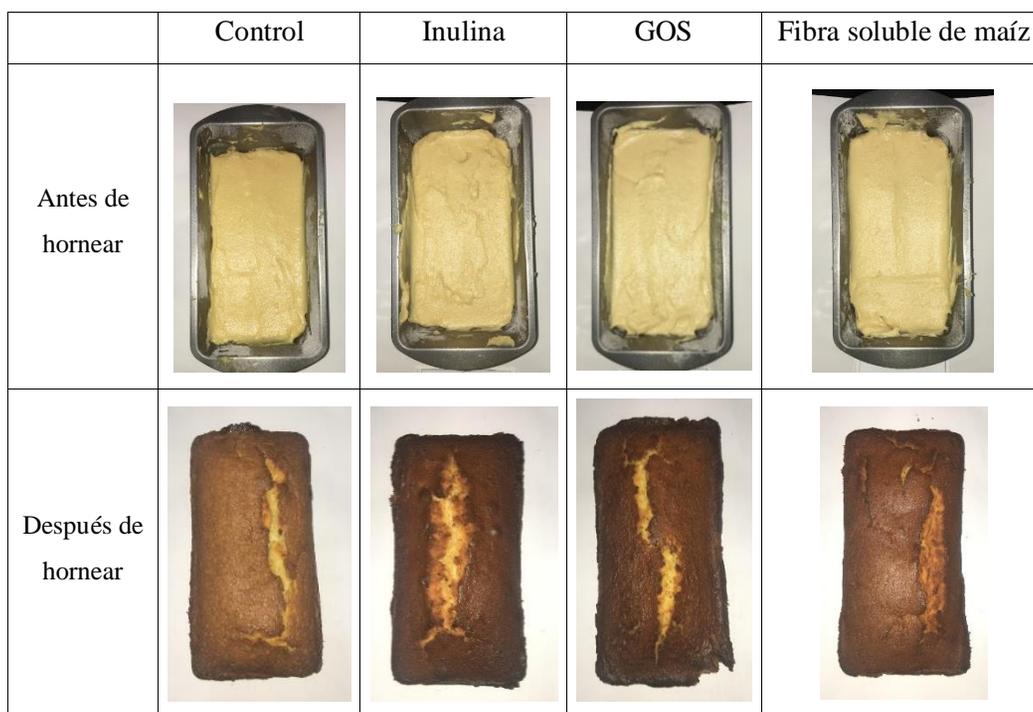


Figura III.1 Aspecto de los panqués antes y después de hornear.

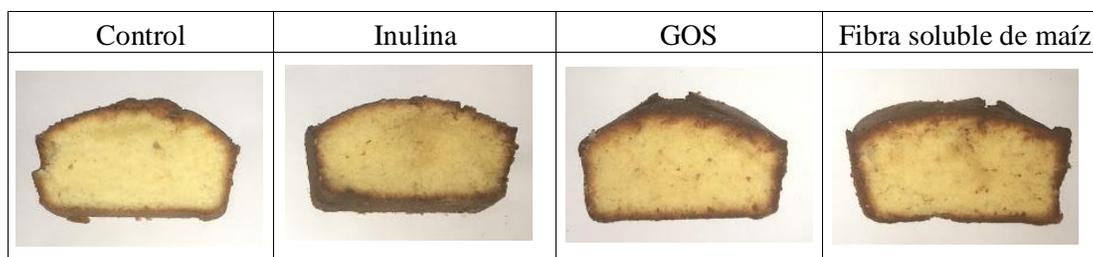


Figura III.2 Miga de los diferentes panqués.

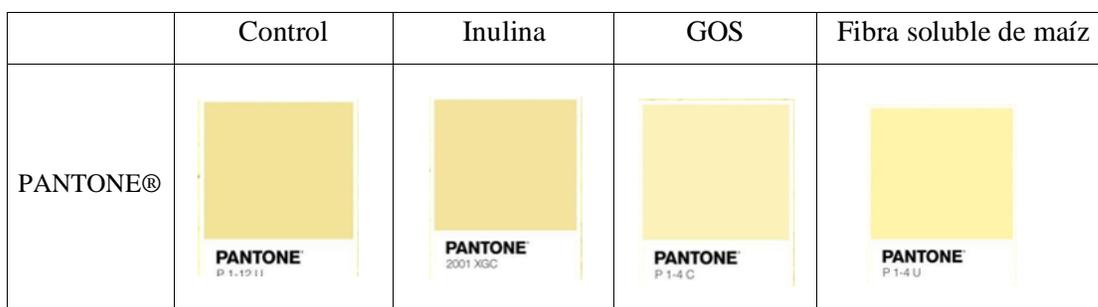


Figura III.3 Tonos de color de la miga de panqué.

El control presenta una miga uniforme y con alveolos bien definidos, el panqué con inulina muestra una miga muy similar e incluso más uniforme, pero con una corteza más gruesa mientras que con los GOS se obtuvieron alveolos más grandes y por ende una miga menos uniforme. La fibra soluble de maíz resultó en una miga muy compacta y con alveolos pequeños. Estos diferentes efectos de las fibras están relacionados con su porosidad y tamaño de partícula pues tienen la capacidad de aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua, a pesar de que las formulaciones evaluadas no tienen agua adicional, la fibra puede tomar la propia de los ingredientes como, por ejemplo, del huevo.

Estudios previos en el laboratorio de ASEAL México han confirmado que la adición de un poco de agua a las matrices favorece este efecto de captación de la fibra debido a su capacidad de hinchamiento (Baena & García, 2012). El mismo efecto se observa en la Tabla III.4 donde los diámetros de las galletas tienen una tendencia creciente, sin embargo, no presentan diferencia significativa.

Tabla III.4 Diámetro promedio (n = 4) de las distintas galletas.

Muestra	Antes de hornear (cm)	Después de hornear (cm)
Control	4.8 ± 0.2	5.2 ± 0.3
Inulina	4.8 ± 0.5	5.6 ± 0.5
GOS	4.8 ± 0.3	4.9 ± 0.3
Fibra soluble de maíz	4.8 ± 0.2	5.0 ± 0.3

Las Figuras III.1 a III.7 muestran los cambios en el color de los productos. Estos cambios no ocurren necesariamente por la adición de las fibras, pero se ha observado que su presencia acelera la formación de la corteza del pan y la reacción de oscurecimiento no enzimático o de Maillard. En el caso de la inulina este cambio depende de su naturaleza porque puede contener un grupo terminal glucosa y por lo tanto participar en la reacción de Maillard. Por su parte los GOS son moléculas cuya naturaleza reductora es clave para el desarrollo del oscurecimiento no enzimático. En el caso de la fibra soluble de maíz no hay mucha información sobre su comportamiento frente a este tipo de reacciones. Sin embargo, se sabe que contiene 2 % de azúcar por lo que no queda exenta de participar en la reacción de Maillard (Gómez, 2020; Mensink *et al.*, 2015).

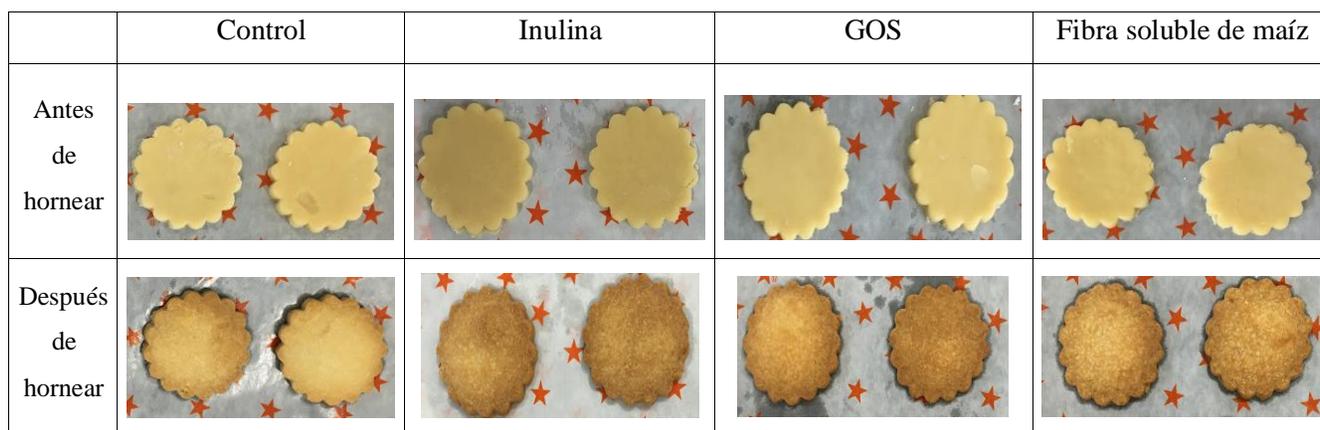


Figura III.5 Color de las galletas con las diferentes fibras.

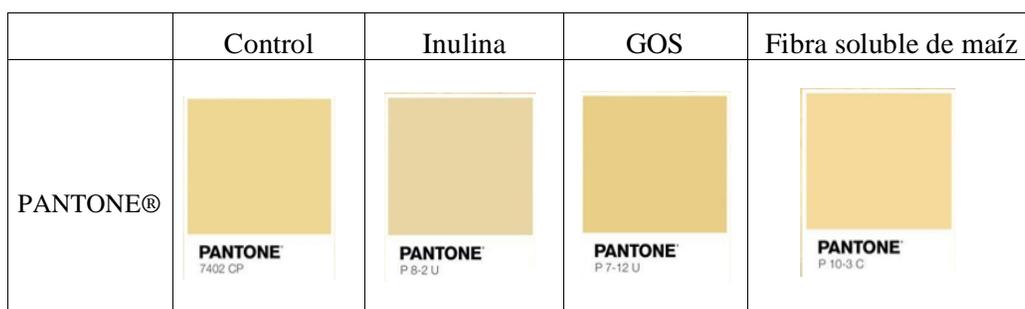


Figura III.6. Tonos de color para las galletas.

III.2 Humedad y actividad de agua

El contenido de agua de un alimento o humedad se refiere, en general, a toda el agua presente en el alimento. Sin embargo, en los tejidos el agua no está uniformemente distribuida debido a complejos hidratados como las fibras por lo que esta determinación ayuda a conocer el efecto de las fibras para este tipo de matrices (Badui Dergal, 2006). Anteriormente se mencionó el efecto que tienen las fibras sobre la merma de los panes al aumentarla conservando la humedad de estos y por ello suelen utilizarse como agentes humectantes. La Tabla III.3 muestra la humedad y actividad de agua promedio de los diferentes panqués. Las muestras con fibra tienen mayor humedad que el control. Los panqués suelen tener una humedad de 18 a 28 g/100 g (Wilderjans *et al.*, 2013). Aunque todas las muestras se encuentran en este intervalo es posible que estas diferencias pudieran influir en la aceptación y percepción sensorial de los consumidores.

Tabla III.3 Humedad y actividad de agua promedio (n = 3) de los panqués.

Muestra	Humedad (g/100 g)	Actividad de agua
Control	16.45 ± 0.10	0.83 ± 0.002
Inulina	21.16 ± 0.02	0.82 ± 0.002
GOS	19.94 ± 0.71	0.80 ± 0.003
Fibra soluble de maíz	17.99 ± 0.32	0.79 ± 0.001

La Tabla III.4 muestra la humedad y actividad de agua promedio de las galletas. En este caso existe la norma de referencia NMX-F-006-1983. “Alimentos-Galletas” que especifica un máximo de 6 y 8 % de humedad de acuerdo con el tipo de galleta. Con base en esto, las humedades obtenidas son menores que el máximo señalado. Sin embargo, son superiores a los reportados por Rebolledo *et al.* (1999) quienes analizaron galletas enriquecidas con germen de maíz con 2.85 % de humedad, mientras que García & Pacheco (2007) reportan 3.10 % de humedad en galletas dulces tipo waffer elaboradas con harina de trigo y arracacha; una raíz alimenticia conocida como zanahoria blanca.

Tabla III.4 Humedad y actividad de agua promedio (n = 3) de las galletas.

Muestra	Humedad (g/100 g)	Actividad de agua
Control	3.89 ± 0.06	0.37 ± 0.002
Inulina	4.49 ± 0.07	0.40 ± 0.001
GOS	4.22 ± 0.12	0.31 ± 0.002
Fibra soluble de maíz	4.01 ± 0.04	0.32 ± 0.002

El agua disponible en los alimentos es una propiedad conocida como actividad de agua, cuyo valor máximo es 1 y un valor mínimo de 0. Cuanto menor es la actividad del agua de un alimento, mayor es su vida útil, lo que significa que contiene menos cantidad de agua disponible para que los microorganismos puedan desarrollarse. Las fibras son hidrofílicas, es decir, atrapan agua permitiendo que la cantidad de agua disponible sea menor lo que es congruente con los valores de las Tablas III.3 y III.4 para los panqués y las galletas, respectivamente, que tienen fibra (Badui Dergal, 2006).

III.3 Análisis de perfil de textura

III.3.1 Panqués

La textura de un pan es una de sus características más importantes. En las Figura III.6 y III.7 se observan las curvas Fuerza vs. Tiempo y Esfuerzo vs. Deformación, respectivamente, de las pruebas mecánicas de los panqués.

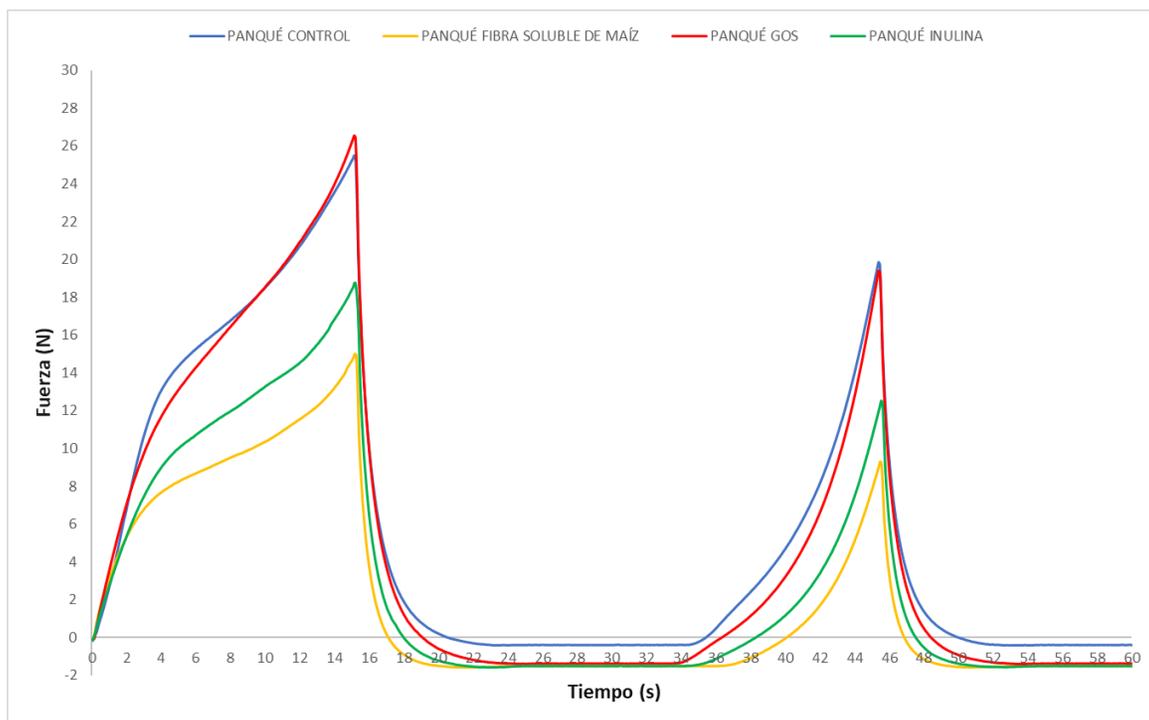


Figura III.6 Análisis de perfil de textura de los panqués con distintas fibras; fuerza vs. tiempo.

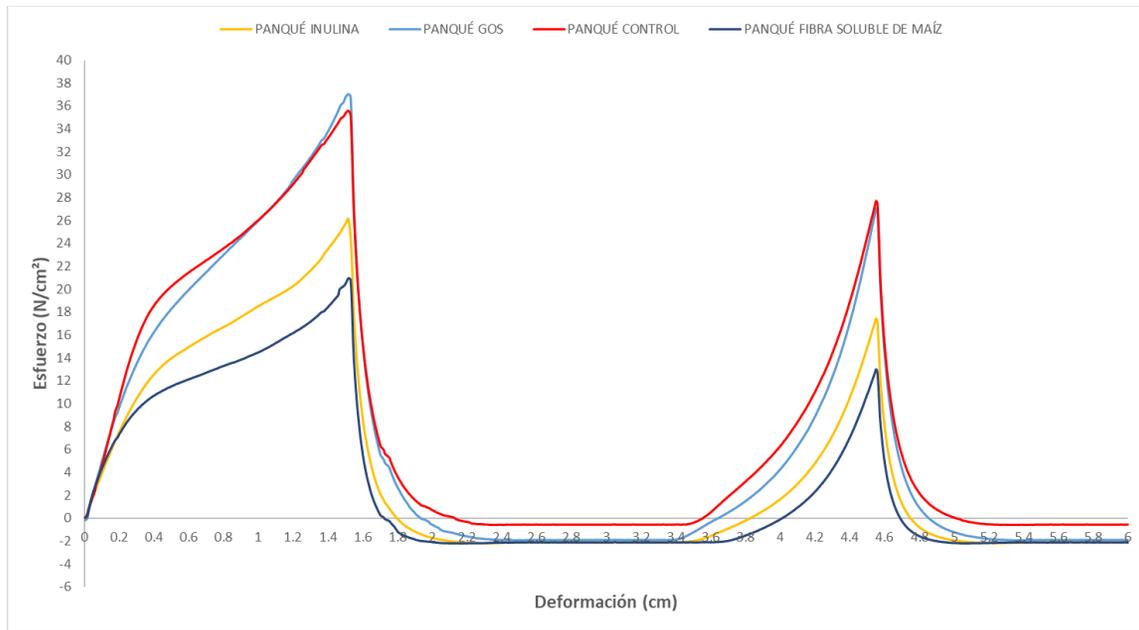


Figura III.7 Análisis de perfil de textura de los panqués con distintas fibras; esfuerzo vs. deformación.

Ambas gráficas proporcionan información sobre el comportamiento de los panqués al simular la dinámica de la mordida. Las curvas y los valores de dureza, adhesión, cohesión, elasticidad, gomosidad y masticabilidad mostrados en la Figura III.5 muestran un comportamiento similar entre el panqué con GOS y el control, mientras que los panqués con fibra soluble de maíz e inulina tienden a ser similares entre sí. El análisis de varianza de estas pruebas muestra que sí hay diferencia significativa entre las muestras y la prueba de Tukey resultó en diferencias no significativas ($p < 0.05$) entre el panqué con GOS y el control.

La Tabla III.5 muestra las propiedades mecánicas obtenidas del análisis de perfil de textura de los panqués con las distintas fibras. Se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el panqué control y aquellos con inulina y fibra soluble de maíz. Por otro lado, no hubo diferencia significativa entre el control y el adicionado con GOS. En general, los estudios llevados a cabo sobre el enriquecimiento de pan sin gluten con inulina y fibras de maíz, avena, trigo y cebada muestran propiedades tecnológicas mejores, mayor volumen, menor dureza y un color de la corteza más tostado (Capriles & Areas, 2013; Hager, et al., 2011; Korus, et al., 2006, Sabanis 2009), según se observa en las Figuras III.1 y III.3.

La mayoría de los parámetros de textura examinados mostraron diferencias significativas con el control, excepto la dureza, la cohesión y la elasticidad del panqué con GOS. La

masticabilidad es un parámetro importante para analizar porque se entiende que el pan es más masticable cuando presenta menor valor de masticabilidad ya que desde el punto de vista sensorial se requiere menos tiempo de deglución en la boca antes de tragarlo. De acuerdo con los resultados de la Tabla III.5 el control tiene mayor masticabilidad lo que indica que su deglución es más tardada. Lo siguen los panqués con GOS, inulina y fibra soluble de maíz lo cual es un aspecto importante porque afecta el agrado del consumidor. El hecho de que la masticabilidad sea menor en las demás muestras se puede deber a la capacidad de las fibras de retener más humedad. Por lo tanto, los espacios de la matriz se llenan de agua haciéndola más densa y al mismo tiempo más fácil para formar el bolo y tragar (Martinez *et. al.*, 2011, Ordoñez *et. al.*, 2012).

Tabla III.5 Propiedades mecánicas promedio (n = 12) del análisis de perfil de textura de los panqués. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$).

Propiedad	Control	Inulina	GOS	Fibra soluble de maíz
Dureza (N)	25.51 ± 0.75 ^a	18.72 ± 0.95 ^b	26.53 ± 0.92 ^a	14.91 ± 0.99 ^c
Adhesión (J)	5.20 ± 0.17 ^a	26.49 ± 0.03 ^b	19.78 ± 0.53 ^d	31.12 ± 0.02 ^c
Cohesión	0.33 ± 0.11 ^a	0.21 ± 0.05 ^b	0.27 ± 0.16 ^a	0.15 ± 0.07 ^c
Elasticidad	1.41 ± 0.12 ^a	1.94 ± 0.10 ^b	1.57 ± 0.09 ^a	2.44 ± 0.09 ^b
Gomosidad (N)	8.41 ± 0.45 ^a	3.93 ± 0.63 ^b	7.16 ± 0.53 ^d	2.23 ± 0.65 ^b
Masticabilidad (N)	11.86 ± 0.36 ^a	7.62 ± 0.50 ^b	8.73 ± 0.46 ^d	5.45 ± 0.52 ^c

III.3.2 Galletas

El análisis de perfil de textura de las galletas se muestra en las Figuras III.8 y III.9. Se obtuvieron resultados muy correlacionados con la humedad de las muestras resultando en una dureza más baja para las galletas con inulina y GOS mismas que tienen el contenido más alto de humedad (Tabla III.4). Este resultado tiene sentido porque la presencia de agua en la matriz posiblemente provocó un ablandamiento y suavizó la miga. En los productos con textura crocante como las galletas la sensibilidad a la fractura es el parámetro más importante pues representa la fuerza que se necesita aplicar para romper o hacer crujir la galleta. Este atributo es importante para el consumidor y el fabricante pues tiene un efecto directo en el

porcentaje de pérdida durante su almacenamiento, distribución y consumo final. En este caso las muestra con mayor fuerza necesaria fueron el control y la galleta con fibra soluble de maíz que no presentaron diferencia significativa, seguida de las galletas con GOS e inulina.

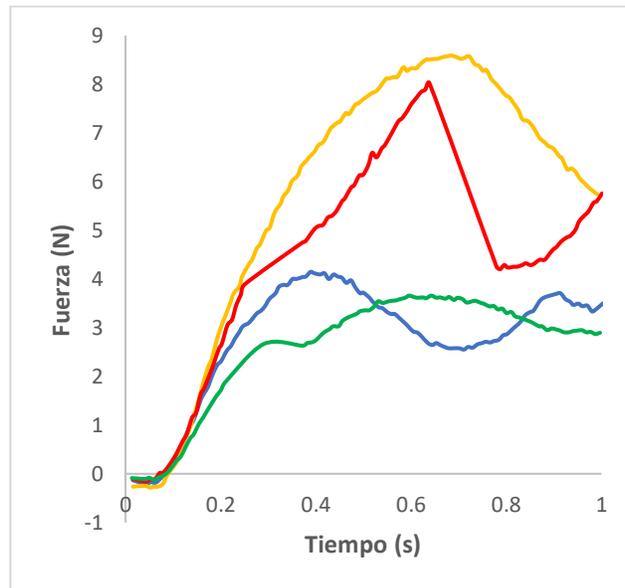


Figura III.8 Análisis de perfil de textura de las galletas con inulina (verde), GOS (azul), fibra soluble de maíz (rojo) y sin fibra añadida (amarillo).

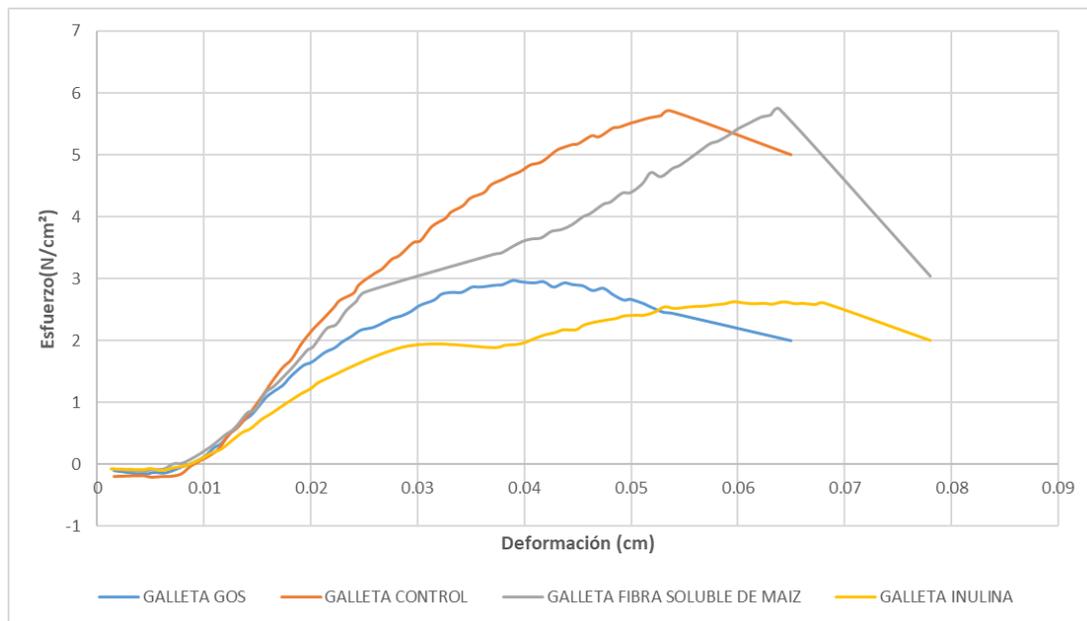


Figura III.9 Análisis de perfil de textura de las galletas con distintas fibras. Curva esfuerzo vs. Deformación.

Estas propiedades mecánicas son congruentes con el hecho de que la baja humedad y el horneado son operaciones que conducen a un estado vítreo (glassy) que se caracteriza por ser rígido, quebradizo y frágil en oposición al estado elástico (rubbery) que es flexible, deformable y que soporta mayor deformación antes de fracturarse. La existencia de estos estados y la transición entre ambos están fuertemente determinados por la actividad de agua y el contenido de humedad. La Tabla III.6 muestra las propiedades mecánicas resultantes del análisis de perfil de textura.

Tabla III.6 Propiedades mecánicas promedio (n = 12) del análisis de perfil de textura de las galletas. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$).

Propiedad	Control	Inulina	GOS	Fibra soluble de maíz
Fracturabilidad (N)	2.57 ± 0.15 ^a	2.63 ± 0.07 ^b	1.51 ± 0.03 ^c	2.57 ± 0.10 ^a
Dureza (N)	8.57 ± 0.23 ^a	3.61 ± 0.59 ^b	4.09 ± 0.57 ^d	8.02 ± 0.48 ^c

Respecto a la Fracturabilidad parámetro que nos indica la fuerza necesaria para fracturar la muestra se obtuvo diferencia significativa únicamente entre el control, inulina y GOS. Mientras que la dureza parámetro que nos indica la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada se obtuvo diferencia significativa entre todas las muestras.

III.4 Análisis descriptivo cuantitativo de los panqués

Las Tablas III.7, III.8 y las Figuras III.10 y III.11 muestran los resultados de las pruebas aplicadas (Anexos) a diez panelistas no entrenados para realizar el análisis descriptivo cuantitativo de los panqués y las galletas, respectivamente. Así se logró caracterizar sensorialmente cada panqué y galleta para observar más claramente el efecto de cada una de las fibras evaluadas y cuál atributo se modificó. Los resultados produjeron valores promedio para cada atributo evaluado y de esta forma se construyeron los graficos radiales para cada prueba de panqués y galletas los cuales se muestran en las Figuras III.10 y III.11, respectivamente. Los graficos muestran que los atributos donde más diferencia se percibió en los panqués fue el dulzor, la uniformidad visual de la corteza y la sensación húmeda. En las galletas fue la uniformidad de la corteza, sensación grasa y dureza.

Tabla III.7 Atributos promedio (n = 3) del análisis descriptivo cuantitativo® para las formulaciones de panqué.

Atributo	Control	Inulina	GOS	Fibra soluble de maíz
Color	7.7 ± 0.67	8.3 ± 0.14	8.1 ± 1.50	8.1 ± 0.23
Uniformidad visual de la miga	9.1 ± 0.73	9.3 ± 0.80	8.7 ± 0.87	8.5 ± 0.43
Uniformidad visual de la corteza	7.4 ± 0.69	7.5 ± 0.54	6.2 ± 0.36	5.1 ± 0.78
Suavidad	8.7 ± 0.48	9.0 ± 0.89	9.3 ± 0.24	8.9 ± 0.14
Sensación de humedad	5.0 ± 0.20	5.8 ± 0.78	5.1 ± 0.31	9.2 ± 1.54
Sensación grasa	5.5 ± 1.08	5.1 ± 0.64	5.1 ± 0.97	5.3 ± 1.32
Dulzor	7.1 ± 0.98	5.9 ± 0.73	6.7 ± 0.36	7.0 ± 0.45

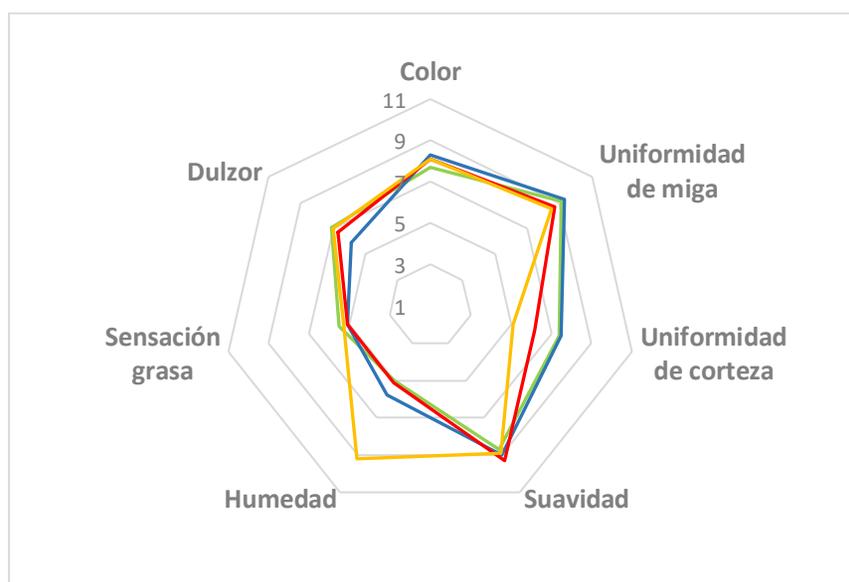


Figura III.10 Análisis descriptivo cuantitativo® para las formulaciones de panqué con inulina (azul), GOS (rojo), fibra soluble de maíz (amarillo) y sin fibra añadida (verde).

El panqué con inulina resultó muy similar al control en la mayoría de las variables. Por el contrario el panqué con GOS y fibra soluble de maíz presentaron las mayores diferencias entre los panelistas. Este resultado puede deberse a múltiples factores; el origen de cada una de las fibras, sus interacción con los componentes de la matriz y las condiciones de proceso. Estos resultados coinciden con los presentados por Madrigal (2007) quien estudió a la inulina como ingrediente clave en alimentos funcionales. En ese estudio se elaboraron panes de trigo adicionados con inulina para sustituir la grasa vegetal. Los resultados muestran que no se

modificaron las características reológicas de la masa antes de hornear y la calidad sensorial del producto terminado. De esta forma se puede decir que la inulina es un buen ingrediente funcional del azúcar pues no modifica las características sensoriales del producto final. Sin embargo, es importante considerar que esta fibra tiene efectos secundarios en la salud como por ejemplo un efecto laxante, razón por la cual la dosis de uso es menor comparada con las otras fibras evaluadas (Madrigal, 2007).

III.5 Análisis descriptivo cuantitativo de las galletas

Para evaluar las fibras en galletas los resultados de la Tabla III.8 y la Figura III.11 muestran que la fibra que mejor se comportó pareciéndose más al control fue la GOS, teniendo una uniformidad de corteza, dulzor, color, intensidad de olor, dureza y crujencia similar al control. La única diferencia importante fue la disminución de la sensación grasa, lo que es positivo pues no es un atributo buscado en este tipo de productos además de que afecta significativamente a la vida de anaquel.

Las fibras presentan una capacidad de retención de aceite, la cual se define como la máxima cantidad de aceite, en gramos, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite, bajo la acción de una fuerza. Es sabido que las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza oleosa, la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos, como en el batido. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las fibras solubles, sirviendo como emulsificante. A esta propiedad se la relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas. La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos, en cambio una baja retención proporciona una sensación no grasosa tal y como se presentó en este caso, donde todas las fibras evaluadas presentaron menor sensación grasa en boca. (Baena & García, 2012).

Tabla III.8 Atributos promedio (n = 3) del análisis descriptivo cuantitativo® para las formulaciones de galletas.

Atributo	Control	Inulina	GOS	Fibra soluble de maíz
Color	7.7 ± 0.61	8.0 ± 0.48	8.1 ± 0.45	7.9 ± 0.56
Uniformidad visual de la corteza	9.9 ± 0.31	8.2 ± 0.39	9.6 ± 0.39	8.1 ± 0.50
Crujencia	4.5 ± 1.90	5.6 ± 1.20	4.6 ± 1.30	6.4 ± 0.51
Dureza	4.3 ± 1.90	5.9 ± 1.20	4.9 ± 1.43	6.7 ± 0.45
Sensación grasa	7.9 ± 0.58	5.5 ± 1.60	5.1 ± 0.99	5.3 ± 0.80
Dulzor	7.1 ± 0.50	5.9 ± 1.90	6.7 ± 0.48	7.0 ± 0.99
Intensidad de olor	8.5 ± 0.46	7.4 ± 0.53	8.0 ± 0.81	7.8 ± 0.50

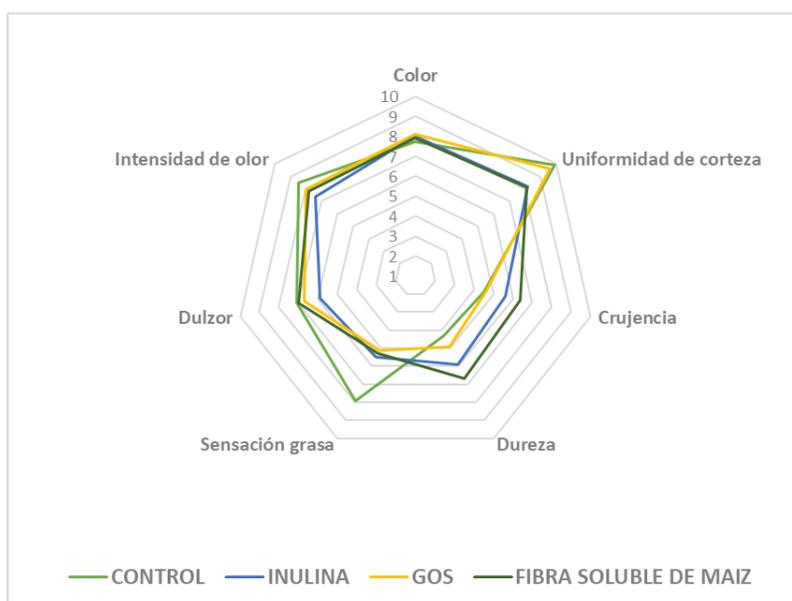


Figura III.11 Análisis descriptivo cuantitativo® para las formulaciones de galletas.

Como se mencionó anteriormente, la prueba Discriminatoria Escalar de control se basó únicamente en las diferencias de textura que pudieron percibir los panelistas. Se aplicó una prueba para cada una de las determinaciones (Anexo) y se obtuvieron los resultados mostrados en las Tablas III.9 y III.10 para los panqués y las galletas, respectivamente, que fueron analizados mediante un análisis de varianza. Para las pruebas con los panqués la probabilidad calculada fue menor al nivel de significancia ($p < 0.05$) y se rechazó la hipótesis nula. Mediante la prueba de Tukey se determinó que no existen diferencias significativas en

la textura y su percepción entre los panqués con fibra soluble de maíz y GOS, mientras que sí la hubo entre el panqué control y aquel con inulina.

Tabla III.9 Discriminativa escalar de control promedio (n = 10) de textura para panqués. Las letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$).

	Promedio \pm DE
Control	3.30 \pm 0.67 ^a
Inulina	2.30 \pm 0.48 ^b
GOS	1.80 \pm 0.78 ^c
Fibra soluble de maíz	2.10 \pm 0.73 ^c

Tabla III.10 Discriminativa escalar de control promedio (n = 10) de textura para galletas. Las letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$).

	Promedio \pm DE
Control	4.00 \pm 0.81 ^a
Inulina	2.40 \pm 0.69 ^b
GOS	3.90 \pm 1.10 ^a
Fibra soluble de maíz	1.80 \pm 0.63 ^c

Para las pruebas con las galletas de igual manera se calculó una probabilidad menor al nivel de significancia ($p < 0.05$), determinando mediante la prueba de Tukey que existen diferencias significativas entre el control, inulina y fibra soluble de maíz, mientras que el control y el GOS no presentan diferencias significativas.

III.6 Información nutrimental

III.6.1 Panqués

Se calculó el aporte nutrimental para cada una de las pruebas basándose en las fichas técnicas y las etiquetas de los productos utilizados. Las Tablas III.11 a III.14 muestran que las pruebas control tuvieron un mayor contenido energético que las pruebas con fibra debido a su contenido de azúcar, pues este ingrediente por si solo aporta 4 kcal/g.

Tabla III.11 Declaración nutrimental calculada para el panqué control.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	456 kcal
Proteínas	19 g
Grasas totales	23 g
Grasas saturadas	14 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	45 g
Azúcares	25 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	1 g
Sodio	60 mg
Ingredientes: Harina, Azúcar, Huevo, Mantequilla.	

Tabla III.12 Declaración nutrimental calculada para panqué con inulina.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	315 kcal
Proteínas	19 g
Grasas totales	23 g
Grasas saturadas	14 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	21 g
Azúcares	1.5 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	13 g
Sodio	60 mg
Ingredientes: Harina, Mantequilla, Huevo, Inulina, Alulosa cristalina.	

Tabla III.13 Declaración nutrimental calculada para panqué con GOS.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	374 kcal
Proteínas	19 g
Grasas totales	23 g
Grasas saturadas	14 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	27 g
Azúcares	4 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	7.5 g
Sodio	64 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, huevo, galacto-oligosacáridos, alulosa cristalina.	

Tabla III.14 Declaración nutrimental calculada para panqué con fibra soluble de maíz.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	375 kcal
Proteínas	19 g
Grasas totales	23 g
Grasas saturadas	14 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	33 g
Azúcares	0.5 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	13 g
Sodio	25 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, huevo, fibra soluble de maíz, alulosa cristalina.	

En las formulaciones con fibra se tiene una cantidad menor de este ingrediente. Sin embargo, como se comentó anteriormente las fibras sí aportan calorías por lo que ese valor es variable para cada prueba. Los GOS son los que aportan más calorías, 2.2 kcal/g, seguidos por la fibra soluble de maíz, 1.1 kcal/g, y por último la inulina con 0.32 kcal/g. Vale la pena señalar que el contenido de fibra dietética (FD) del paqué aumentó de 1g/100 g a 13 g/100 g cuando se utilizó fibra soluble de maíz e inulina, mientras que con los GOS el contenido fue de 7.5/100 g.

III.6.2 Galletas

Las Tablas III.15 a III.18 también muestran una disminución en las calorías por efecto del menor contenido de azúcar en las preparaciones con fibras. El cambio en el contenido FD fue de 2 g /100 g a 14 g /100 g para las galletas con inulina y fibra soluble de maíz, mientras que para las galletas con GOS el incremento fue de 5 g/100 g. Las fibras solubles tienen muchos beneficios para la salud por lo que su ingesta en la dieta es sumamente recomendable y por ende introducirlas en matrices de panificación resulta además de funcional muy benéfico.

Tabla III.15 Declaración nutrimental calculada para galletas control.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	528 kcal
Proteínas	18 g
Grasas totales	30 g
Grasas saturadas	19 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	50 g
Azúcares	11 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	2 g
Sodio	39 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, azúcar, leche en polvo.	

Tabla III.16 Declaración nutrimental calculada para galletas con inulina.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	446 kcal
Proteínas	18 g
Grasas totales	30 g
Grasas saturadas	19 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	40 g
Azúcares	1 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	14 g
Sodio	40 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, inulina, alulosa cristalina, leche en polvo	

Tabla III.17 Declaración nutrimental calculada para galletas con GOS.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	497 kcal
Proteínas	18 g
Grasas totales	30 g
Grasas saturadas	19 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	42 g
Azúcares	2 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	5 g
Sodio	41 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, galacto-oligosacáridos, alulosa cristalina, leche en polvo	

Tabla III.18 Declaración nutrimental calculada para galletas con fibra soluble de maíz.

Declaración nutrimental	Por cada 100 g
Contenido energético	506 kcal
Proteínas	18 g
Grasas totales	30 g
Grasas saturadas	19 g
Grasas trans	0 mg
Hidratos de carbono disponibles	52 g
Azúcares	0.5 g
Azúcares añadidos	0 g
Fibra dietética	14 g
Sodio	40 mg
Ingredientes: Harina, mantequilla, fibra soluble de maíz, alulosa cristalina, leche en polvo	

IV. CONCLUSIONES

Los resultados de la metodología de los panqués y las galletas revelaron que las fibras añadidas funcionan como reemplazo funcional del azúcar, pues no se observó problema alguno en la elaboración de los productos. Estas fibras podrían ser una alternativa para formulaciones sin azúcar. Sin embargo, los resultados de la caracterización física muestran que es importante considerar las diferencias en el perfil sensorial, de textura y humedad para el desarrollo de un producto final de acuerdo con las características deseadas.

Las evaluaciones sensoriales muestran que hay diferencias significativas entre cada fibra pues cada una tiene un comportamiento distinto para cada aplicación. Con base en el resultado que se busque o el atributo que se quiera trabajar será la fibra o mezcla de ellas que se tendrá que emplear.

La inulina de agave y la fibra soluble de maíz al compararlas con el panqué control tienen una menor resistencia a la deformación resultando en una diferencia estadísticamente significativa en la textura final.

Los galacto-oligosacáridos presentan un comportamiento muy similar al control en las formulaciones de panqués y de galletas, resaltando en estas últimas la capacidad de formar una corteza uniforme y disminuir la sensación grasa en boca.

Adicionalmente, estas fibras pueden mejorar el aporte nutricional favoreciendo la disminución del aporte calórico de las matrices e incrementando el aporte de fibra dietética.

V. REFERENCIAS

- Aggarwal, D., Sabikhi, L., & Sathish Kumar, M. H. (2016). Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach. *NFS Journal* 2, 1–7. doi: 10.1016/j.nfs.2015.10.001
- Astudillo, J. (2016) Diseño e implementación del laboratorio de análisis sensorial para la empresa “ITALIMENTOS CÍA LTDA”, Tesis de licenciatura. Universidad del Azuay.
- Badui-Dergal S. (2006). *Química de los Alimentos*. Cuarta Edición. Estado de México. Pearson Educación de México.
- Baena, L.M., & García Cardona, A.N. (2012). Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Tesis de licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Cámara Nacional de la Industria Panificadora CANAINPA (2020). *Industria panificadora en México* 11, 323-370.
- Cámara Nacional de la Industria Panificadora y Similares de México (CANAINPA) (2009). *Énfasis de Alimentación* 25, 159-200.
- Camire, M., Cho, S., Craig, S., Devrie, J., Gordon, D., Jones, J., Li, B., Lineback, D., Prosky, L., & Tunland, B. (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46, 212-265.
- Capriles, V.D., & Areas, J.A.G. (2013). Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. *Food and Function* 4(1), 104-110.
- Crittenden, R.G., (1996). Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology* 7, 353-361.
- Dirección General de Epidemiología, Panorama epidemiológico de las enfermedades no transmisibles en México, CIERRE 2021. [En línea] (Actualizado al 1 junio de 2022) Disponible en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/745354/PanoEpi_ENT_Cierre2021.pdf
- García, A., & Pacheco, E. (2007). Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B. B.) *Revista de la Facultad Nacional Agrícola de Medellín* 60 (2), 4195-4212.

- Hager, A.S., Ryan, L.A.M., Schwab, C., Ganzle, M.G., O'Doherty, J.V., & Arendt, E.K. (2011). Influence of the soluble fibres inulin and oat beta-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology* 232(3), 405-413.
- Heo, Y., Kim, M. J., Lee, J. W., & Moon, B. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. *Food Sciences and Nutrition* 7(5), 1778–1785. doi: 10.1002/fsn3.1020
- Instituto politécnico nacional., Academia del área de plantas piloto de alimentos., Bedolla Bernal S., (2004). Introducción a la Tecnología de Alimentos. Recuperado el 11 de diciembre del 2022, de: <https://www.worldcat.org/es/title/introduccion-a-la-tecnologia-de-alimentos/oclc/71194850>
- Korus, J., Grzelak, K., Achremowicz, K., & Sabat, R. (2006). Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides. *Food Science and Technology International* 12(6), 489-495.
- Madrigal, L., & Sangoris, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *ALAN* [online], 57(4), 387-396.
- Mahoney, R. (1998). Galactosyl-oligosaccharides formation during lactose hydrolysis: A review. *Food Chemistry* 63, 162-167.
- Martinez, C., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., & Fiszman, S. (2011) Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *Food Science and Technology* 44, 729-736.
- Martínez-Villaluenga, C., Cardelle-Cobas, A., Olano, A., Corzo, N., Villamiel, M., & Jimeno, M.L. (2008). Enzymatic synthesis and identification of two trisaccharides produced from lactulose by transgalactosylation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 700-705.
- Massey, A.H., Khare, A.S., & Niranjana, K. (2001). Air inclusion into a model cake batter using a pressure whisk: Development of gas hold-up and bubble size distribution. *Journal of Food Science* 66(8), 1152-1157.
- Mensink, M.A., Frijlink, H.W., Maarschalk, K., & Hinrichs, W.L.J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydrate Polymers*, 134, 418–28. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.08.022

- NMX-F-006-1983, (1983). Norma Mexicana, Alimentos– Galletas. Disponible en: <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=bVQyZlZ0bmNEM05zTmhlTnMwSUxPUT09>
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010, (2010). NORMA Oficial Mexicana, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
- Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevis, C., & Granzell, L. (2007). Alimentos Funcionales: fibras, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta* (B. Aires) 25(121), 20-33.
- Ordoñez, H., Osorio, D. (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander) *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 10(2), 61-74.
- Organización Panamericana de la Salud. Enfermedades no transmisibles: hechos y cifras. 2019. (Actualizado al 21 de agosto de 2019). <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51482> [Último acceso el: 24 de agosto de 2022].
- Organización panamericana de la salud, Organización Mundial de la Salud. (2022). Enfermedades no transmitibles. (Actualizado al 31 de mayo de 2022). <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-no-transmisibles> [Último acceso el: 10 de septiembre de 2022].
- Panesar, P. S., Kumari, S., & Panesar, R. (2010). Potential applications of immobilized β -galactosidase in food processing industries. *Enzyme Research*, 2010; 2010: 473137. DOI: 10.4061/2010/473137
- Rebolledo, M., Sangronis, E., Barbosa-Cánovas, G.V. (1999). Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 49(3). 1-7.
- Sabanis, D., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology* 42(8), 1380-1389.
- Sako, T., Matsumoto, K., & Tanaka, R. (1999). Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. *International Dairy Journal* 9, 69-80.
- Tate & Lyle. Soluble corn fibre: health benefits and product applications. (2017). [En Línea] <https://www.tateandlyle.com/ingredient/promitor-soluble-fibre> [último acceso el: 15 de septiembre de 2022]

- Tate & Lyle. La verdad sobre la fibra de maíz soluble. (2009). [En Línea] (Actualizado al 6 enero de 2009). <https://www.tateandlyle.com/news/la-verdad-sobre-la-fibra-de-ma-z-soluble> [Último acceso el: 15 de agosto de 2022]
- Torres, D., González, M., & Acevedo, C. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Revista ReCiTeIA* 14(2), 63-75. https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos/link/5636dbf08aeb786b703f399/download
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J.A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology* 30(1), 6-15.
- Yang, S.-T., & Bednarcik, J. (2001). Production of galacto-oligosaccharides from lactose by immobilized β -galactosidase. In *Applied Biocatalysis in Specialty Chemicals and Pharmaceuticals*. Saha, B. *et al.*, (eds.) ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC. Chapter 9, pp. 131-154. doi: 10.1021/BK-2001-0776.CH009

VI. BIBLIOGRAFÍA

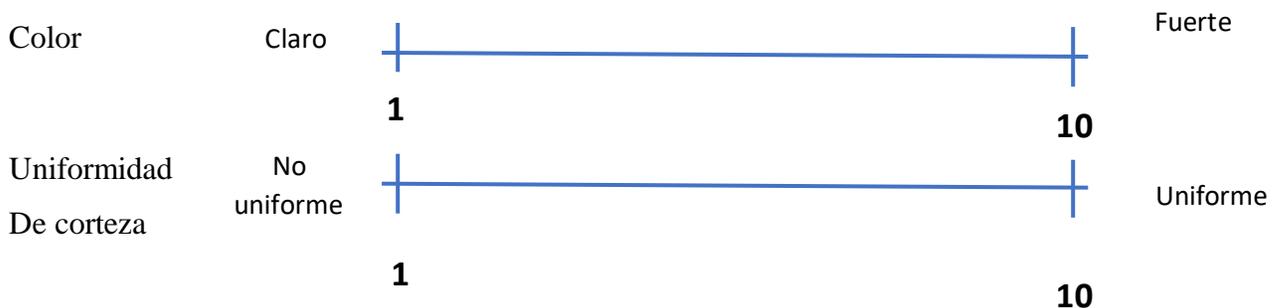
- Ares, G. (2011) Nuevas metodologías para la caracterización sensorial de alimentos. *Innovación de Alimentos* 11(2), 60-63.
- Cofepris (2017). Actualizaciones al Acuerdo de Aditivos que no han sido publicados en el Diario Oficial de la Federación. ACUERDO por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias Anexo VIII: Edulcorantes que pueden ser utilizados de acuerdo a las BPF (2020). Disponible en: <https://www.gob.mx/cofepris/es/acciones-y-programas/aditivos-alimentarios-no-publicados-en-el-dof>
- Díaz, L., Acevedo, I., & García, O. (2012). Evaluación fisicoquímica de galletas con inclusión de harina de bleo (*Amaranthus dubius Mart*). *Agroindustria, Sociedad y Ambiente* 1(1), 5-23. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2393>
- Díaz, M. (2013). Efecto de la incorporación de fibras dietéticas en la calidad de panes para celíacos. Tesis de Licenciatura. Universidad de Valladolid, España.
- Gómez, H. (2020). La Reacción de Maillard y su impacto en la salud. Tesis de licenciatura Universidad de Sevilla, España.
- Hernández, O., & Duran, O. (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* 10(2), 61-74.
- Rao, A. (1999). Dose response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. *Journal of Nutrition* 129, 1442-1551.
- Rastall, R.A. (2010). Functional Oligosaccharides: Application and Manufacture. *Annual Review of Food Science and Technology* 1, 100-139.
- Tate & Lyle. Alulosa. Dolcia Prima®. (2020). [En Línea] Disponible en: <https://www.tateandlyle.com/ingredient/dolcia-prima-allulose> [Último acceso el: 15 de septiembre de 2022.
- Verduzco, I. (2016). Caracterización de batidos y panqués con la adición de almidón nativo de maíz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Villareal, F. A. (2014). Evaluación de la producción de galactooligosacáridos a partir de materias primas lácteas con β - galactosidasa inmovilizada. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Colombia.

VII. ANEXOS

Test para el análisis QDA para las pruebas en galletas

Nombre:	Edad:	Fecha:
Frente a ti tienes 4 muestras de galletas codificadas, prueba cada una y califica de acuerdo con cada uno de los atributos mencionados.		
Enjuaga tu boca entre cada una de las pruebas		

APARIENCIA



TEXTURA



SABOR



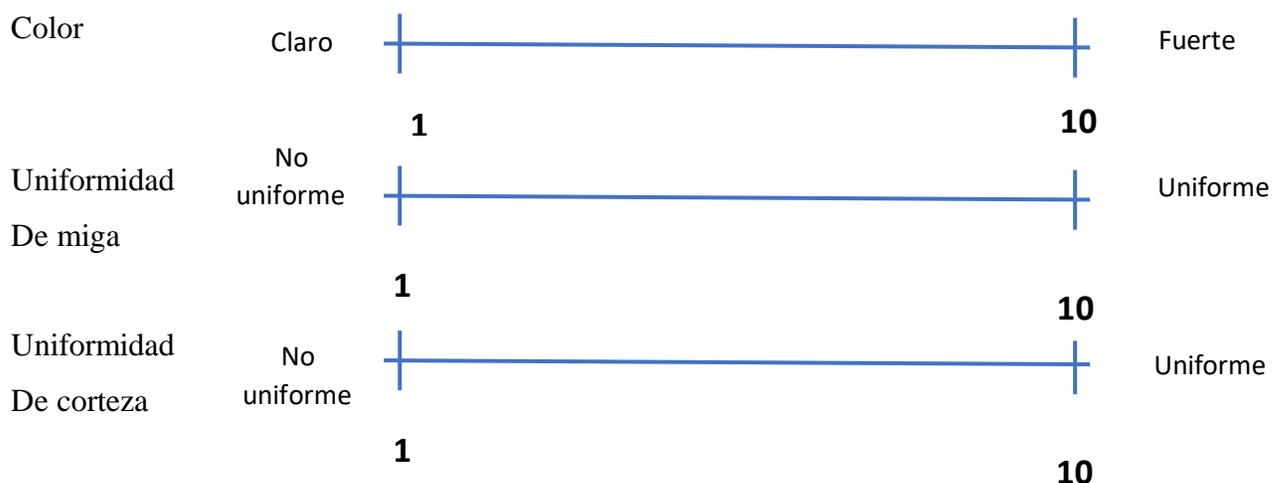
OLOR



Test para el análisis QDA para las pruebas en panqués

Nombre:	Edad:	Fecha:
Frente a ti tienes 4 muestras de panqués codificadas, prueba cada una y califica de acuerdo con cada uno de los atributos mencionados.		
Enjuaga tu boca entre cada una de las pruebas		

APARIENCIA



TEXTURA



SABOR



Test para prueba escalar en panqués

Nombre:	Edad:	Fecha:
Frente a ti tienes 4 muestras de panqués codificadas, prueba cada una y califica de acuerdo con cada uno de los atributos mencionados.		
Enjuaga tu boca entre cada una de las pruebas		

Escala	MX220901	MX220902	MX220903	MX220904
Extremadamente suave				
Demasiado suave				
Moderadamente				
Ligeramente suave				
Poco suave				

Test para prueba escalar en galletas

Nombre:	Edad:	Fecha:
Frente a ti tienes 4 muestras de panqués codificadas, prueba cada una y califica de acuerdo con cada uno de los atributos mencionados.		
Enjuaga tu boca entre cada una de las pruebas		

Escala	MX220905	MX220906	MX220907	MX220908
Extremadamente crujiente				
Demasiado crujiente				
Moderadamente				
Ligeramente crujiente				
Poco crujiente				