



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Química**

**“Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido  
de proteínas y fibra dietética”**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Presenta:

**I.B.T. Segovia Ochoa Ricardo Andrés**

Dirigido por:

**Dra. Rosalía Reynoso Camacho**

Querétaro, Qro. a noviembre del 2024.

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Química**  
**Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

“Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Presenta:

I.B.T. Segovia Ochoa Ricardo Andrés

Dirigido por:

Dra. Rosalía Reynoso Camacho

Dra. Rosalía Reynoso Camacho  
Presidente

Dr. Mario Rodríguez García  
Secretario

Dra. Marcela Gaytán Martínez  
Vocal

Dra. Ma. Estela Vázquez Barrios  
Suplente

Dra. Iza Fernanda Pérez Ramírez  
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Noviembre 2024

México

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE GENERAL.....   | i    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | iv   |
| ÍNDICE DE CUADROS.....  | v    |
| DECLARACION DE RESPONSABILIDAD.....   | vi   |
| DEDICATORIA.....  | vii  |
| AGRADECIMIENTO.....   | viii |
| RESUMEN.....  | ix   |
| ABSTRACT.....   | x    |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| II. ANTECEDENTES.....   | 3    |
| 2.1 La dieta en México.....   | 3    |
| 2.2 Generalidades del maíz.....   | 3    |
| 2.2.1 Composición química del maíz.....   | 4    |
| 2.2.1.1 Almidón resistente .....  | 5    |
| 2.3 Productos a base de maíz.....   | 7    |
| 2.4 Botanas .....   | 9    |
| 2.4.1 Botanas de mezclas de maíz y otros productos vegetales con beneficios a la salud..... | 9    |
| 2.4.1.1 Chícharo.....   | 10   |
| 2.4.1.2 Aislados de proteínas de chícharo.....  | 11   |
| 2.4.2 Botanas adicionadas con almidón alto en amilosa (AR-2).....                           | 12   |
| 2.5 Características de calidad de botanas.....  | 13   |
| III. JUSTIFICACIÓN.....   | 15   |
| IV. OBJETIVOS.....  | 16   |
| 4.1 Objetivo general.....   | 16   |
| 4.2 Objetivos específicos.....  | 16   |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 17   |
| 5.1 Materiales .....  | 17   |
| 5.2 Determinación de la composición química de los ingredientes .....                       | 17   |
| 5.2.1 Determinación química proximal.....   | 17   |

|   |    |
|---|----|
| 5.2.1.1 Determinación de humedad.....                                 | 17 |
| 5.2.1.2 Determinación de proteínas totales .....                      | 18 |
| 5.2.1.3 Determinación de lípidos .....                                | 18 |
| 5.2.1.4 Determinación de cenizas.....                                 | 19 |
| 5.2.1.5 Determinación de fibra dietética .....                        | 19 |
| 5.2.1.6 Cuantificación de almidón resistente .....                    | 20 |
| 5.3 Diseño y desarrollo de la botana .....                            | 20 |
| 5.4 Determinación químico proximal de la botana .....                 | 21 |
| 5.5 Determinación de digestibilidad <i>in vitro</i> de proteínas..... | 21 |
| 5.6 Análisis fisicoquímicos de la botana .....                        | 21 |
| 5.6.1 Perfil de viscosidad.....                                       | 21 |
| 5.6.2 Textura .....   | 22 |
| 5.6.3 Medición de actividad de agua .....                             | 22 |
| 5.7 Evaluación microbiológica de las botanas .....                    | 22 |
| 5.7.1 Determinación de bacterias mesófilas aerobias .....             | 22 |
| 5.7.2 Determinación de mohos y levaduras .....                        | 23 |
| 5.7.3 Determinación de coliformes totales.....                        | 23 |
| 5.8 Evaluación sensorial de la botana.....                            | 23 |
| 5.9 Análisis estadístico .....  | 24 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....                                    | 26 |
| 6.1 Determinación química proximal de los ingredientes .....          | 26 |
| 6.2 Fibra dietética y almidón resistente de los ingredientes .....    | 28 |
| 6.3 Elaboración de las botanas y su contenido proximal.....           | 29 |
| 6.4 Fibra dietética y almidón resistente de los totopos.....          | 31 |
| 6.5 Digestibilidad <i>in vitro</i> de proteínas de los totopos.....   | 35 |
| 6.6 Parámetros fisicoquímicos de los totopos desarrollados.....       | 36 |
| 6.6.1 Perfil de viscosidad de los totopos desarrollados .....         | 36 |
| 6.6.1 Textura.....  | 38 |
| 6.6.3 Actividad de agua y humedad .....                               | 40 |
| 6.7 Evaluación Sensorial de los totopos .....                         | 41 |
| 6.7.1 Evaluación hedónica .....                                       | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 6.7.2 Evaluación de preferencia e intención de compra .....  | 48 |
| VII. CONCLUSIONES .....  | 51 |
| VIII. REFERENCIAS .....  | 52 |
| IX. ANEXOS.....  | 61 |
| Anexo 1. Formato de aprobación por el comité de bioética.....  | 61 |
| Anexo 2. Invitación a una prueba sensorial de una botana .....   | 62 |
| Anexo 3. Consentimiento informado.....   | 63 |
| Anexo 4. Evaluación sensorial hedónica de nueve puntos (Biro et al., 2020).<br>Evaluación de preferencia e intención de compra de la botana desarrollada ..... | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Consumo mundial de maíz de 2019 – 2020.....   | 4  |
| <b>Figura 2.</b> Productos elaborados con maíz.....  | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Totopos de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....   | 29 |
| <b>Figura 4.</b> Calorías totales de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....                             | 33 |
| <b>Figura 5.</b> Calorías provenientes de las proteínas en los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....       | 34 |
| <b>Figura 6.</b> Dureza (en N) de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....                               | 39 |
| <b>Figura 7.</b> Apariencia de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa .....                                  | 42 |
| <b>Figura 8.</b> Color de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa .....                                       | 43 |
| <b>Figura 9.</b> Sabor de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa .....                                       | 44 |
| <b>Figura 10.</b> Textura de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa .....                                    | 45 |
| <b>Figura 11.</b> Valoración de aceptabilidad general de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa.....         | 46 |
| <b>Figura 12.</b> Valores promedio de la evaluación sensorial de los totopos desarrolladas de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa..... | 47 |
| <b>Figura 13.</b> Índice de aceptabilidad de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa.....                     | 48 |
| <b>Figura 14.</b> Intención de compra de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa.....                         | 49 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Composición química del maíz.....   | 5  |
| <b>Cuadro 2.</b> Clasificación de almidón de acuerdo al tipo de digestión humana .....   | 6  |
| <b>Cuadro 3.</b> Composición química del chícharo.....   | 10 |
| <b>Cuadro 4.</b> Mezclas de ingredientes para el desarrollo de las botanas .....   | 20 |
| <b>Cuadro 5.</b> Composición química de la harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo .....   | 26 |
| <b>Cuadro 6.</b> Contenido de fibra total y almidón resistente de los ingredientes.....  | 28 |
| <b>Cuadro 7.</b> Composición química de los totopos elaborados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....  | 30 |
| <b>Cuadro 8.</b> Contenido de fibra dietética y almidón resistente de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo .....      | 32 |
| <b>Cuadro 9.</b> Contenido y digestibilidad <i>in vitro</i> de proteínas de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo ..... | 35 |
| <b>Cuadro 10.</b> Propiedades reológicas de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína .....  | 38 |
| <b>Cuadro 11.</b> Actividad de agua de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.....                                       | 41 |



### **Declaración de responsabilidad del estudiante**

Declaro que los datos propios obtenidos en esta investigación fueron generados durante el desarrollo de mi trabajo de tesis de forma ética y que reporto detalles necesarios para que los resultados de esta tesis sean reproducibles en eventuales investigaciones futuras. Finalmente, este manuscrito de tesis es un trabajo original en el cual se declaró y dio reconocimiento a cualquier colaboración o cita textual presentadas en el documento.

**IBT Ricardo Andrés Segovia Ochoa**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de tesis se lo dedico a mis padres y a mi familia que siempre ha estado allí apoyándome e impulsándome a ser mejor.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por otorgarme la beca de investigación que me permitió desarrollar este proyecto.

A mi familia por todo su apoyo incondicional y estar siempre allí cuando los necesite.

A la Dra. Rosalía Reynoso por su apoyo y guía durante todo el proceso para mi formación académica y en el proyecto realizado.

A mi comité de tesis que me apoyo en las correcciones, aportaciones, sugerencias y por permitirme seguirme formando profesionalmente. En especial a la Dra. Marcela y la Dra. Estela. A la Dra Minerva por su guía durante la realización del proyecto igualmente por su sugerencias y apoyo durante la realización del proyecto.

Muchas gracias a todos

## RESUMEN

Las botanas son productos populares en México debido a su conveniencia y larga vida de anaquel; sin embargo, estas son consideradas poco saludables debido a su alto contenido calórico y bajos contenidos proteicos, especialmente las fritas de maíz. Para contrarrestar esto, ha aumentado la demanda de botanas con mayor contenido proteico y de fibra. La propuesta de este trabajo fue desarrollar una botana de maíz horneada con alto contenido de proteínas, de fibra y con buena aceptabilidad sensorial. Se trabajó con dos formulaciones a base de harina de maíz nixtamalizada (F1); a la primera (F2) se adicionó proteína de chícharo (PC) y la segunda (F3) además de PC se adicionó almidón alto en amilosa (AAM). Las botanas presentaron un contenido de proteínas de  $7.91 \pm 0.34$ ,  $33.32 \pm 0.15$ ,  $17.98 \pm 0.10$  y  $6.99 \pm 0.32$  y fibra de  $6.77 \pm 0.30$ ,  $5.11 \pm 0.01$ ,  $15.29 \pm 0.55$  y  $9.51 \pm 0.21$  para las botanas F1, F2, F3 y una comercial (F4), respectivamente. La concentración de estos compuestos se atribuye a la inclusión de PC (84.7 % de proteínas) y al AAM (48.7 % de fibra). Las calorías totales de las botanas estuvieron entre 371 y 386 kcal/100 g de producto, donde la F2 y la F3 presentaron al menos 20 % de las calorías provenientes de proteínas, por lo cual se consideran altas en este macronutriente. La viscosidad de retrogradación (cP) de las botanas F1, F2, F3 y F4 fueron de  $2193.50 \pm 0.50$ ,  $467.80 \pm 154.90$ ,  $56.60 \pm 0.60$  y  $2750.50 \pm 139.50$ , respectivamente; donde mayores valores representan mayor retrogradación del almidón de las botanas que se ve reflejado como una botana con mayor crujencia. En cuanto a la aceptabilidad sensorial, el 77.1% de los panelistas disfrutó moderadamente la botana F2, mientras que solo el 57.2% lo hizo con F3, cuya menor aceptación se atribuyó a su color pálido, asociado a una cocción insuficiente percibida por los panelistas. En conclusión, se lograron desarrollar botanas con un mejor perfil nutricional; sin embargo, se requiere mejorar el color y el sabor mediante aditivos para aumentar su aceptación entre los consumidores.

**Palabras claves:** botana, harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo, almidón alto en amilosa.

## ABSTRACT

Snacks are popular products in Mexico due to their convenience and long shelf life; however, they are considered unhealthy due to their high caloric content and low protein content, especially corn chips. To counteract this, the demand for snacks with higher protein and fiber content has increased. The purpose of this work was to develop a baked corn snack with high protein and fiber content and with sensory acceptability. Two formulations based on nixtamalized corn flour (F1) were used; the first (F2) was added with pea protein (PC) and the second (F3) in addition to PC, high amylose starch (AAM) was added. The snacks had a protein content of  $7.91 \pm 0.34$ ,  $33.32 \pm 0.15$ ,  $17.98 \pm 0.10$  and  $6.99 \pm 0.32$  and a fiber content of  $6.77 \pm 0.30$ ,  $5.11 \pm 0.01$ ,  $15.29 \pm 0.55$  and  $9.51 \pm 0.21$  for snacks F1, F2, F3 and one commercial (F4), respectively. The concentration of these compounds is attributed to the inclusion of PC (84.7% of proteins) and AAM (48.7% of fiber). The total calories of the snacks were between 371 and 386 kcal/100 g of product, where F2 and F3 presented at least 20% of the calories from proteins, which is why they are considered high in this macronutrient. The retrogradation viscosity (cP) of snacks F1, F2, F3 and F4 were  $2193.50 \pm 0.50$ ,  $467.80 \pm 154.90$ ,  $56.60 \pm 0.60$  and  $2750.50 \pm 139.50$ , respectively; where higher values represent greater retrogradation of the snacks' starch, which is reflected as a snack with greater crunchiness. Regarding sensory acceptability, 77.1% of the panelists moderately enjoyed snack F2, while only 57.2% did so with F3, whose lower acceptance was attributed to its pale color, associated with insufficient cooking perceived by the panelists. In conclusion, snacks with a better nutritional profile were developed; however, it is necessary to improve color and flavor through additives to increase their acceptance among consumers.

**Keywords:** snack, nixtamalized corn flour, pea protein isolate, high amylose starch.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales alimentos consumidos mundialmente y son una de las fuentes más importante de proteínas, así como de energía para la población mundialmente en el que se estima un 15 % de las proteínas del mundo y el 20 % de las calorías provienen del maíz (Urango et al., 2018). El maíz destaca por su alta concentración de carbohidratos (64 - 78 %) y de proteína (5.2 - 13.7 %), dependiendo de la variedad ya sea amarilla o blanca (Urango, 2018; Hamaker et al., 2018).

El principal consumo de maíz en México es en forma de tortilla elaborada a partir de masa o harina de maíz nixtamalizada, aunque también es utilizado de manera importante para la elaboración de botanas, se ha reportado que el 42.2% de estos productos son desarrollados a base de este cereal donde destacan las botanas fritas de maíz (Aguilar, 2021; García-Lara & Serna-Saldívar, 2018; Rodríguez, 2022).

Por otro lado, uno de los principales problemas de la mayoría de las botanas es su alto contenido de carbohidratos digeribles como el almidón de rápida absorción, el cual aporta altos niveles de glucosa al organismo, generando efectos adversos a la salud humana como el desarrollo de enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2. Por lo tanto, la industria de las botanas está innovando constantemente, desarrollando productos con un mejor contenido nutrimental y con ingredientes que son saludables para los consumidores. Entre dichas alternativas se encuentran los almidones altos en amilosa, los cuales tienen un bajo aporte de glucosa para el organismo por su alto contenido de almidón resistente el cual contiene de 18.4 a 46.0 % (Bresciani et al., 2021; Zhang et al., 2016) y tienen efectos sobre la salud intestinal, ya que participan como prebióticos, favoreciendo los procesos de fermentación en el colon y produciendo compuestos que impactan positivamente a la salud como es el butirato, acetato y propionato los cuales son compuestos que pueden ser hipoglucémicos que ayudan en el control de la diabetes tipo 2 (Hess et al., 2016; Raigond et al., 2015).

Otra tendencia de mercado de las botanas es el desarrollo de estos productos suplementados con harinas de leguminosas como el chícharo (Wu et al., 2023). La harina de chícharo se ha utilizado para el desarrollo de botanas, ya que incrementa los contenidos de la fibra dietética y de proteína, manteniendo las características sensoriales deseadas por el consumidor (Patil et al., 2016; Rani & Sood., 2020). En este sentido, se ha propuesto que los aislados de proteínas de dichas leguminosas pueden ser una alternativa para el desarrollo de botanas, ya que presentan mayor contenido de proteínas y menor concentración de almidón de rápida absorción (Taş & Atten., 2023).

Debido a la relevancia de desarrollar productos saludables listos para su consumo con mayores contenidos proteicos y de fibra como alternativa a las botanas comerciales con altos contenido de almidón digerible que puede ser una de las razones del desarrollo de enfermedades metabólicas por su gran consumo mundialmente, el objetivo de este trabajo fue elaborar una botana aceptada sensorialmente a base de maíz adicionada con almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo para incrementar su valor nutricional.

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1 La dieta en México**

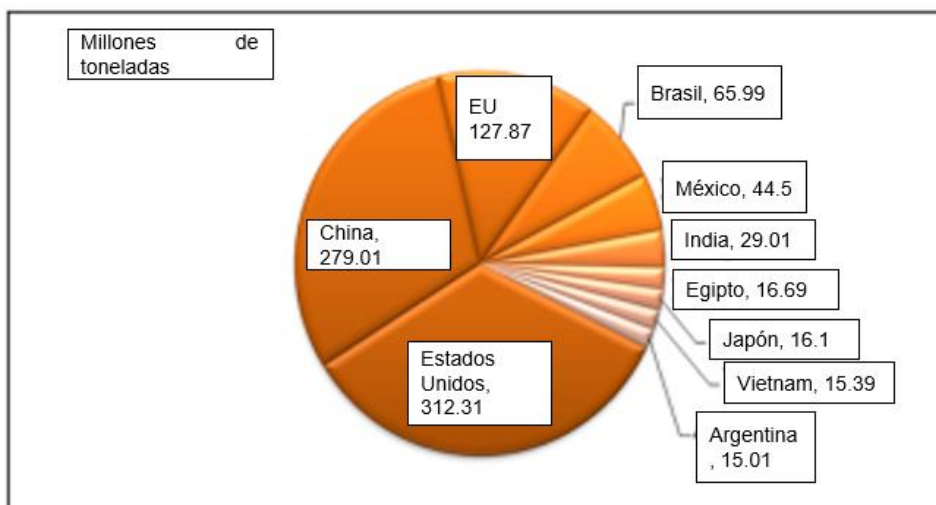
La población ha experimentado cambios en las formas en que se procesan y consumen los alimentos. En los últimos 40 años se ha generado un incremento de alimentos industrializados que presentan la ventaja de que requieren menor tiempo de preparación por el consumidor. Dichos alimentos presentan diferentes sabores, características organolépticas y vida de anaquel más prolongado. Muchos de ellos son productos más económicos y se consumen en mayor cantidad debido a su conveniencia (González-Castell et al., 2007; Martínez, 2017).

Por otro lado, uno de los principales problemas de estos alimentos industrializados es que tienen una elevada densidad energética, relacionado con sus altos contenidos de grasas y de carbohidratos digeribles, pero bajo contenido de fibra. El consumo de estos alimentos ha generado cambios en los patrones de la dieta tradicional mexicana lo que ha llevado a un incremento de los problemas de salud (González-Castell et al., 2007). Con base en lo anterior, uno de los grandes retos es desarrollar alimentos que tengan un equilibrio entre la aceptación del consumidor y con nutrientes que son necesarios para correcto desarrollo de una persona. Y en este sentido, una de las principales tendencias en el mercado son los productos de origen vegetal, siendo el maíz uno de los ingredientes más utilizados para el desarrollo de estos productos.

### **2.2 Generalidades del maíz**

Dentro de los alimentos de origen vegetal más importantes a nivel global están los cereales, destacando el maíz. Entre los principales consumidores del maíz (*Zea mays* L.) con millones de toneladas a nivel mundial, se encuentran Estados Unidos, seguido de China, la Unión Europea, Brasil y México (Figura 1) (Žilić et al., 2022). En México, el consumo de maíz es de 44.5 millones de toneladas y este es la principal fuente de energía para la población mundialmente (Serna-Saldívar et al., 2015; Žilić et al., 2022), donde destaca que el 20 % de las calorías totales consumidas en el día provienen del maíz (Urango et al., 2018).





**Figura 1.** Consumo mundial de maíz de 2019 - 2020 (Adaptado de Žilić et al., 2022).

### 2.2.1 Composición química del maíz

Dentro de los compuestos nutricionales del maíz destacan las proteínas y los carbohidratos. De acuerdo con lo mostrado en el Cuadro 1, el rango de proteínas reportadas para maíz blanco es de 5.2 - 13.7 % y en estas se encuentran las albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas, siendo la  $\alpha$ -zeína (prolamina) la principal proteína presente en el maíz y constituye del 50 a 60 % de la proteína total. La  $\alpha$ -zeína contiene los aminoácidos leucina, ácido glutámico, prolina y alanina. Sin embargo, tiene cantidades limitadas de aminoácidos esenciales como lisina y triptófano (Gwartz & García-Casal, 2014; Hamaker et al., 2018; Martínez Guardia et al., 2016; Urango, 2018; Xu et al., 2019).

En el Cuadro 1 se presenta el contenido de carbohidratos totales, el cual se encuentra en el rango de 64 - 78 % y dentro de estos componentes se encuentra la fibra dietética del maíz (7.3 a 9.7 %) (Gwartz & García-Casal, 2014; Hamaker et al., 2018; Martínez Guardia et al., 2016; Urango, 2018). Se ha reportado que la fibra dietética incrementa el movimiento intestinal, ayuda a la reducción del estreñimiento, disminuye el índice glucémico, mejora el funcionamiento del sistema inmune y muchos de los compuestos de la fibra son prebióticos, los cuales pueden ser fermentados en el tracto gastrointestinal, produciendo ácidos grasos de cadena

corta que pueden ser hipoglucémicos, por lo tanto, ayudan en el control de la diabetes tipo 2 (Serna-Saldívar et al., 2015).

Respecto al almidón, este es el principal carbohidrato presente en el maíz y en este cereal representa del 70 a 72 % de los carbohidratos (Cuadro 1) (Gwartz & García-Casal, 2014; Hamaker et al., 2018; Martínez Guardia et al., 2016; Urango, 2018; Xu et al., 2019). Este es un polisacárido conformado por dos polímeros: amilosa y amilopectina. Ambos polímeros están compuestos por unidades de glucosa unidas por un enlace glucosídico; la amilosa es un polímero lineal con enlaces alfa 1,4; mientras que la amilopectina además presenta enlaces alfa 1,6 con ramificaciones en una molécula de amilosa. Los almidones de maíz están compuestos regularmente por 20 a 25 % de amilosa y 80 a 75 % de amilopectina (Yu & Moon, 2021).

**Cuadro 1.** Composición química del maíz

| Componente            | Grano entero (%) |
|-----------------------|------------------|
| Agua                  | 10.4 - 10.5      |
| Proteína              | 5.2 -13.7        |
| Grasas                | 2.17 - 4.43      |
| Ceniza                | 0.70 - 1.40      |
| Carbohidratos totales | 64 – 78          |
| Fibra Dietética total | 7.3 - 9.7        |
| Azúcares reductores   | 1 – 3            |
| Almidón digerible     | 70 – 72          |

(Gwartz & García-Casal, 2014; Hamaker et al., 2018; Martínez Guardia et al., 2016; Urango, 2018)

### **2.2.1.1 Almidón resistente**

Las implicaciones en la salud del consumo del almidón están relacionadas con su digestibilidad, ya que esto impacta en el índice y la respuesta glicémica como medida de la velocidad y extensión de la digestión del almidón y su posterior liberación y absorción como glucosa. Desde un punto de vista nutricional, el almidón se puede clasificar en tres tipos en función de su digestión. En el Cuadro 2 se

presentan las características de dicha clasificación: almidón de rápida absorción (RDS), almidón de lenta digestión (SDS) y almidón resistente (RS) por sus siglas en inglés (Raigond *et al.*, 2015).

El RDS es un tipo de almidón que se hidroliza rápidamente (20 minutos) en moléculas de glucosa mediante la digestión enzimática. Al encontrarse en altas concentraciones este tipo de almidón genera una liberación de glucosa en sangre rápidamente y como consecuencia incrementa la glucosa e insulina que puede tener efectos adversos a la salud. Por su parte, el SDS es un tipo de almidón que se convierte en glucosa después de 120 minutos de digestión enzimática, es un almidón físicamente con poca accesibilidad a las enzimas digestivas (Raigond *et al.*, 2015).

**Cuadro 2.** Clasificación de almidón de acuerdo al tipo de digestión humana

| Fracción de almidón                 | Almidón de rápida digestión (RDS) | Almidón de lenta digestión (SDS)                                     | Almidón resistente (RS)  |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Tiempo de digestión <i>in vitro</i> | 20 minutos                        | 20 a 120 minutos   | Mayor a 120 minutos  |
| Lugar de digestión                  | Boca e intestino delgado          | Intestino delgado  | Colon  |
| Propiedad fisiológica principal     | Fuente de energía rápida          | Fuente de energía lenta y sostenida.<br>Fuente de glucosa sostenida. | Efecto sobre la salud intestinal (prebiótico, fermentación a butirato, acetato y propionato) |

(Raigond *et al.*, 2015)

El almidón resistente tiene efectos benéficos sobre la salud, debido a que es un tipo de almidón que no se hidroliza por las enzimas digestivas humanas y es fermentado por la microflora en el colon. Además, el consumo de almidón resistente se ha asociado con el aumento de la saciedad, la reducción de los niveles de

glucosa en sangre y disminución del colesterol total en sangre (Khaturia et al., 2019).

El almidón resistente (RS) se puede clasificar en 5 tipos. El RS tipo 1 se compone de gránulos de almidón que se encuentra físicamente inaccesible para las enzimas digestivas humanas debido a la estructura de su pared celular como son los cereales integrales. El RS tipo 2 está representado por gránulos de almidón resistentes a la digestión enzimática, el cual por la conformación cristalina del grano crudo no es susceptible a la acción de las enzimas, donde destacan los maíces con alto contenido de amilosa. El RS tipo 3 es un almidón obtenido por la gelatinización del almidón seguido por una recristalización de amilosa y amilopectina (retrogradación), esta retrogradación produce una inaccesibilidad de los enlaces glucosídicos para las enzimas digestivas humanas. El RS tipo 4 es el almidón que ha sido modificado químicamente, lo cual le confiere al almidón resistencia a las enzimas digestivas humanas. El RS tipo 5 incluye almidones que forman complejos con lípidos (Arp et al., 2021).

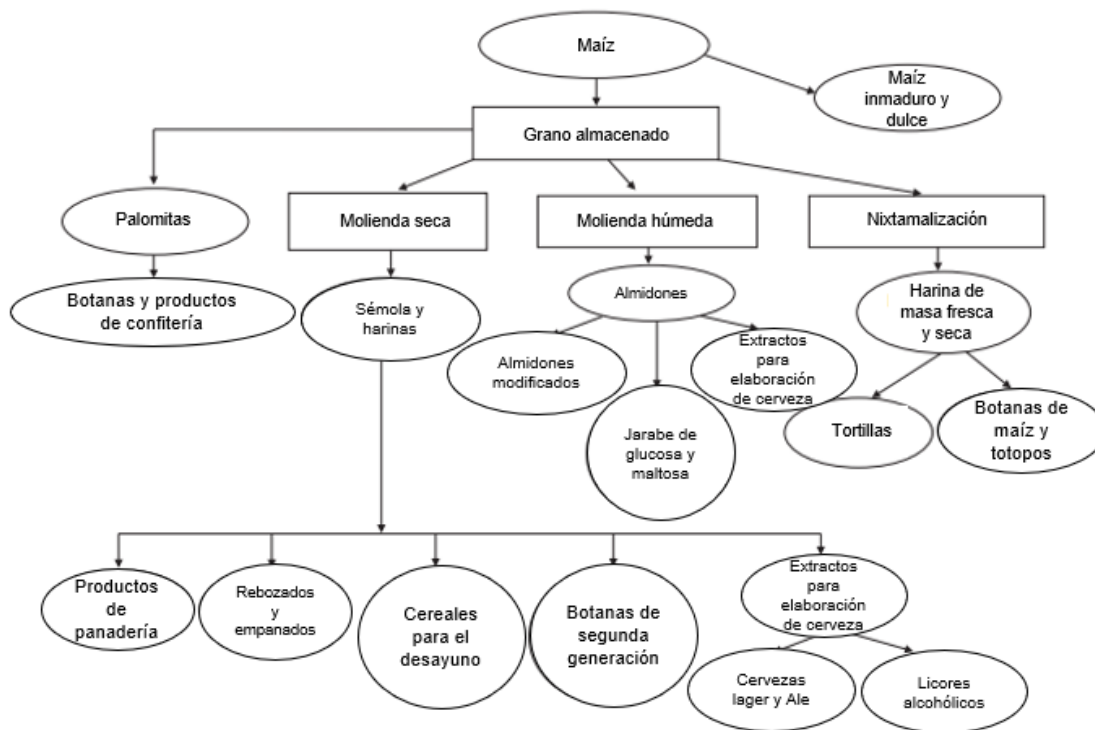
### **2.3 Productos a base de maíz**

Por su composición química, el maíz es uno de los principales ingredientes que se utilizan en productos para la alimentación humana desde la antigüedad. Este es un ingrediente que tiene un equilibrio entre sus componentes químicos y la buena aceptabilidad en los consumidores.

En México, el 60 % del maíz es utilizado como alimento y es consumido de diferentes maneras, ya sea entero o procesado. Con este cereal se elaboran diferentes productos de panadería, tortillas, harinas de maíz modificadas o harinas de maíz con características especiales, cereales para el desayuno y botanas. La molienda seca genera sémolas y harinas principalmente utilizadas para panificación y cereales para el desayuno. La molienda húmeda para la producción de almidones y jarabes de glucosa; mientras que el proceso de nixtamalización es empleado para la producción de tortillas, botanas de maíz y totopos (Figura 2) (García-Lara & Serna-Saldívar, 2018; Zilić et al., 2022).

Uno de los principales usos del maíz es la elaboración de botanas de manera directa o de primera generación como las palomitas o después de ciertos procesos para generar totopos, productos extruidos o productos expandidos (Bello-Pérez et al., 2016). En el proceso de nixtamalización de la masa fresca y seca destaca el desarrollo de botanas de maíz y totopos tras un proceso de amasado y laminado para su configuración de una forma y freído, los cuales pueden condimentarse con diferentes sabores para la obtención de botanas con distintos perfiles de sabor y texturas por su procesamiento (Serna-Saldívar & Pérez Carrillo, 2019).

Por otro lado, la modificación del almidón permite obtener productos con propiedades diferentes como los productos de panadería y extruidos (Figura 2), incrementando la retención de humedad, mejorando su vida de anaquel y las características de textura del producto (Mohamed, 2020).



**Figura 2.** Productos elaborados con maíz (adaptado de García-Lara & Serna-Saldívar, 2018).

## **2.4 Botanas**

Las botanas, de acuerdo con la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, se definen como “productos de pasta, de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos”. Dentro de esta categoría se incluyen productos como barras de cereal, galletas, panes, productos extruidos, nueces, entre otras (Hess et al., 2016).

En México las principales botanas consumidas de acuerdo con el reporte de Industria de botanas 2021 son productos fritos a base de maíz (23.2 %), papas (22.2 %), botanas de maíz inflado (19 %), galletas saladas (16 %) y finalmente, las nueces, las semillas y las mezclas de frutos secos (12.9 %). Destacando que en el año 2021 se tuvieron ventas de 93, 439.8 mil millones de pesos reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Aguilar, 2021; Rodríguez, 2022).

Por otra parte, uno de los tipos de botanas más conocidos y consumidos en México son los provenientes de la masa de nixtamal, siendo estos los totopos que se forman a partir de una masa fina laminada la cual se corta, se fríe en aceite vegetal y se sazona para la obtención de esta botana (Serna-Saldivar et al., 2021).

En el mercado existe una amplia oferta de botanas, no obstante, uno de los problemas del consumo de estos productos es su alto contenido de carbohidratos digeribles de rápida absorción, los cuales generan efectos negativos en la salud. Por lo cual, en los últimos años se han realizado investigaciones para el desarrollo de productos con compuestos beneficiosos a la salud e ingredientes atractivos para los consumidores (Hess et al., 2016).

### **2.4.1 Botanas de mezclas de maíz y otros productos vegetales con beneficios a la salud**

Una de las tendencias de mercado sobre la innovación de botanas es el incrementar el contenido nutrimental de estas, específicamente su concentración de

proteínas. El mercado global de botanas a base de proteínas en el año 2021 fue de 3.83 mil millones de dólares. Este mercado ha crecido en los últimos años, debido a que los consumidores prefieren consumir botanas saludables que les aporten energía y les permitan controlar el peso corporal (Emergen Research, 2022). De acuerdo con el Reglamento (CE) N° 1924/2006 del parlamento europeo, para que se pueda declarar que una botana es fuente de proteínas el 12 % de la energía total de la botana debe ser de las proteínas. Por otro lado, para que se considere con alto contenido de proteínas debe ser mínimo el 20 % del contenido total (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006).

#### 2.4.1.1 Chícharo

En los últimos años se ha propuesto el desarrollo de botanas con leguminosas como el chícharo ya que presentan una alta concentración de proteínas comparadas con el maíz (Cuadro 3). Se ha recomendado su uso como harina por ser una fuente de proteínas y fibra dietética para el desarrollo de botanas saludables. Esta leguminosa contiene entre 16.00 y 32.90 % de proteínas, destacando los aminoácidos esenciales arginina y lisina que son deficientes en el maíz. Debido a esto, se ha sugerido consumir el maíz con el chícharo para cubrir las necesidades de aminoácidos esenciales en productos como las botanas (Konieczny et al., 2020). Adicionalmente, otra de las ventajas del chícharo es su alto contenido de fibra dietética que se encuentra en el rango de 14.00 a 30.72 % (Cuadro 3) (Rasskazova & Kirse-Ozolina, 2020; Shanthakumar et al., 2022; Wu et al., 2023).

**Cuadro 3.** Composición química del chícharo

| Componente            | Grano entero (%) |
|-----------------------|------------------|
| Proteína              | 16.00 - 32.90    |
| Grasas                | 1.20 - 7.30      |
| Cenizas               | 2.30 - 3.40      |
| Carbohidratos totales | 59.32 - 69.59    |
| Fibra                 | 14.00 - 30.72    |

(Rasskazova & Kirse-Ozolina, 2020; Shanthakumar et al., 2022; Wu et al., 2023)

Por otro lado, se ha reportado que el consumo de proteína de chícharo tiene efectos supresores del apetito que pueden retrasar el vaciado gástrico, atenuar la absorción y concentración de la glucosa y estimular la liberación de hormonas que regulan el apetito (Shanhakumar et al., 2022).

Respecto a estudios de botanas adicionadas con harina de chícharo, Patil et al. (2016) desarrollaron una botana extruida con harina de trigo y sustituyeron esta con harina de chícharo del 0 al 15 %. Las botanas desarrolladas tenían un contenido de 13.5 a 15.1 % de proteína y una digestibilidad de proteínas de la mezcla cruda de 31.6 a 38.2 %, la cual al ser procesada por extrusión incrementó de 59.2 a 65.6 % su digestibilidad. Con las características anteriormente mencionadas se obtuvieron botanas con un mejor contenido de proteínas y mayor digestibilidad lo que permite una mayor facilidad de absorción de las proteínas.

Otros autores desarrollaron hotcakes con harina de garbanzo, harina de chícharo y mezclas de las anteriores. Los productos desarrollados contenían de 12.5 a 16.2 % de proteínas, 1.0 a 6.5 % de fibra dietética y 42.4 a 52.7 % de carbohidratos totales. En este estudio se observó un incremento del 22.8 % de proteínas y del 83.9 % de fibra dietética del hotcake con 100 % de harina de chícharo comparado con el de 100 % de harina de trigo. Además, se reportó una disminución de carbohidratos totales del 19.6 %. Por lo cual se puede concluir que al sustituir harina de trigo con harina de chícharo se obtiene un producto con mejores valores nutricionales como por ejemplo un incremento de fibra (Rani & Sood, 2020).

#### **2.4.1.2 Aislados de proteínas de chícharo**

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso de aislados de proteínas para consumo humano. Respecto a los aislados de chícharo, García-Segovia et al. (2020) utilizaron una mezcla de sémola de maíz con 5 % proteína de chícharo obteniendo una botana con 6.76 a 10.01 % de proteínas y 0.20 a 0.30 % de minerales. En este estudio se observó que con un 5 % de sustitución de la sémola por el aislado de proteína de chícharo se incrementa la proteína en un 32.46 %. Por lo tanto, al sustituir la sémola de maíz por aislado de proteína en la formulación de



una botana permite incrementar su contenido proteico y posiblemente los beneficios a la salud.

Taş & Ayten, (2023) desarrollaron una botana con 77 % harina de chícharo, 20 % de aislado de proteína de chícharo y 3 % ya sea de fibra insoluble de maíz o de fibra de chícharo; las botanas desarrolladas presentaban de 19.4 a 20.6 % de proteína y de 8.0 a 8.3 % de fibra dietética. Además, su contenido de almidón resistente fue de 2.3 a 2.8 %. Los autores concluyen que los aislados de proteína pueden utilizarse hasta en un 20 % para desarrollar botanas con mejores características nutricionales que las botanas sin la inclusión del aislado.

Por otro lado, se ha sugerido el uso de almidón resistente como ingrediente funcional para la elaboración de botanas con mejores valores nutricionales.

#### **2.4.2 Botanas adicionadas con almidón alto en amilosa (AR-2)**

El almidón resistente tipo 2 tiene potencial como ingrediente funcional debido a su fino tamaño de partícula, apariencia blanca y sabor suave que contribuyen fuertemente a las propiedades tecnológicas de muchos alimentos. Éste tiene un poder energético inferior (1.6 - 2.8 kcal/g) al almidón digerible (4 kcal/g), por lo que puede ser una buena alternativa para hacer reemplazo o sustitución de ingredientes en alimentos altos en calorías y así reducirlos (Raigond et al., 2015).

El almidón HI-Maize 260 es un almidón resistente tipo 2 con alto contenido de amilosa obtenido de almidón de maíz blanco, el cual es abundante en materia indigerible, ya que contiene 53 g de carbohidratos indigeribles/100 g, y es resistente incluso después de la cocción de alimentos. El almidón alto en amilosa puede ser utilizado en pasta, botanas y cereales para el desayuno incrementando el contenido de fibra del producto; además, su consumo frecuente permite el control del peso corporal y mejora las características nutricionales de un producto desarrollado (Walsh et al., 2022).

Rojhani et al., (2022) elaboraron galletas con harina de trigo con una sustitución del 10 al 30 % de almidón alto en amilosa. Las galletas con almidón alto en amilosa fueron preferidas sensorialmente y la adición de 20 a 30 % incrementó

significativamente la fibra dietética de la galleta desarrollada. En otro estudio en el cual elaboraron palitos de pan con una sustitución de la harina de trigo por el almidón alto en amilosa desde el 40 al 60 %, se incrementó el contenido de almidón resistente de 3.1 a 33.0 %. El almidón resistente no se gelatinizó, conservándose este en el producto final (palitos de pan). Además, el consumo de 45 g de los palitos de pan aportó 14.8 g de almidón resistente, lo cual podría generar beneficios a la salud (Petchoo et al., 2021).

Hay pocos estudios reportados sobre la adición de almidón alto en amilosa en botanas. Sin embargo, las características tecnofuncionales de este almidón sugiere que es una alternativa potencial para la elaboración de botanas saludables.

## **2.5 Características de calidad de botanas**

La textura de las botanas es uno de los parámetros sensoriales de calidad más importantes para la aceptación de estas, y dicha textura está influenciada por tres factores: la vista, el tacto y el oído. Estos parámetros están influenciados por la expansión del producto final y los productos como las botanas deben presentar una textura crujiente (Maldo De Paula & Conti-Silva, 2014; Rustagi, 2020).

Por otro lado, para el análisis de la textura se mide la dureza o firmeza de una muestra y para el caso de las botanas, se recomienda determinar la crujencia. Para evaluar la dureza se mide la fuerza máxima para comprimir la muestra y para la crujencia se utiliza el método de punción, mediante el registro de una curva de fuerza-deformación (Chen & Opara, 2013).

Aunado a lo anterior, el sabor y la apariencia de los productos como los totopos son factores de gran importancia para que los productos nuevos sean aceptados por el consumidor. Estos parámetros son evaluados mediante pruebas sensoriales. El análisis sensorial es una disciplina científica que se utiliza para medir, analizar e interpretar las características de los productos alimenticios; es decir, como son percibidas por los sentidos humanos, la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. Uno de los métodos más comunes de evaluación sensorial es la prueba hedónica, en la cual el consumidor califica el producto utilizando una escala

de agrado, que puede ir desde me disgusta en extremo a me gusta en extremo (Świąder & Marczevska, 2021).

Por lo tanto, las evaluaciones sensoriales hedónicas con consumidores permiten conocer el agrado de un producto con relación a las características importantes para su aceptación como el sabor y la apariencia.

Con los antecedentes presentados es claro que las botanas tipo totopos son uno de los productos de mayor mercado en México. Sin embargo, la mayoría de estas tienen concentraciones elevadas de almidón de rápida digestión, con una densidad calórica elevada, por lo que su consumo excesivo conlleva a problemas de salud. Por lo tanto, en este proyecto se planteó desarrollar una botana en forma de totopo utilizando harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa, con la finalidad de incrementar el contenido de proteína y de fibra dietética. Dicho producto debe cumplir con las características sensoriales para ser aceptado por el consumidor.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

México es uno de los principales consumidores de maíz en el mundo, cuyo mercado ofrece una gran variedad de alimentos que incluyen maíz en su formulación, donde destacan las botanas fritas y los totopos de maíz con ventas de miles de millones de pesos al año. Estas ventas se deben principalmente a los cambios en la población atribuidos a los efectos de la globalización y a la preferencia por los alimentos industrializados. Sin embargo, uno de los principales problemas del consumo de las botanas son sus altos contenidos de almidón de rápida digestión, bajos contenidos de proteínas y de fibra. Por lo tanto, las botanas tienen altos índices glicémicos que afectan la salud del consumidor.

Debido a lo anterior, es importante desarrollar botanas con compuestos que generen beneficios a la salud, sin afectar sus propiedades sensoriales. Se ha propuesto que los aislados de proteínas de chícharo pueden producir botanas con mayores contenidos de proteínas y menores contenidos de carbohidratos digeribles. Adicionalmente, se ha recomendado incorporar ingredientes que aumenten la concentración de fibra, como el almidón alto en amilosa, lo que podría reducir el contenido energético de estos productos.

Por otro lado, una de las principales limitantes en la innovación de nuevos productos es que con el objetivo de incrementar los beneficios a la salud de dichos alimentos se compromete su aceptabilidad sensorial, lo cual impacta en el éxito de estos desarrollos. Por lo tanto, es de gran importancia garantizar que en la elaboración de botanas las propiedades sensoriales principalmente el color, el sabor y la textura sean agradables para la población.

Por lo tanto, en este proyecto se plantea desarrollar una botana utilizando harina de maíz nixtamalizada adicionada con aislado de proteínas de chícharo y almidón alto en amilosa como una opción más nutritiva a las botanas comerciales y con buena aceptabilidad por el consumidor.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Desarrollar una botana de maíz (*Zea mays* L.) con alto contenido de proteínas y de fibra dietética y con buena aceptabilidad sensorial.

### **4.2 Objetivos específicos**

4.2.1 Desarrollar una formulación de botana a base de maíz y adicionada con aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa para incrementar la concentración de proteínas y fibra.

4.2.2 Evaluar las características fisicoquímicas de las botanas desarrolladas.

4.2.3 Determinar la aceptabilidad sensorial de las botanas, la preferencia y la intención de compra de las botanas desarrolladas.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Materiales**

La harina de maíz nixtamalizada se adquirió en la empresa Maseca S.A de C.V ubicada en Monterrey, Nuevo León. El aislado de proteína de chícharo se obtuvo de la empresa Healthy Superfoods. El almidón alto en amilosa (Hi-maize 260) fue donado por la empresa Ingredion S. A de C. V. ubicada en San Juan del Río, Querétaro, México.

### **5.2 Determinación de la composición química de los ingredientes**

#### **5.2.1 Determinación química proximal**

Se determinó la composición química proximal de los ingredientes de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC (1990). Los resultados de cada determinación se expresaron en base seca. La humedad se midió por la pérdida de agua de la muestra (AOAC 930.15-1930). El contenido de proteínas se evaluó mediante el método de Kjeldahl (AOAC 2011.04), los lípidos se determinaron por el método de Goldfish (AOAC 948.22-1948), y las cenizas se obtuvieron mediante la calcinación de la muestra (AOAC 942.05). Finalmente, los carbohidratos se determinaron por la diferencia del total. La fibra dietética se analizó según el método AOAC 32-45.01. Las calorías se calcularon con un calorímetro IKA C2000 por la metodología descrita por la AOAC (1990).

##### **5.2.1.1 Determinación de humedad**

La determinación de la humedad (AOAC 930.15-1930) se realizó pesando 1 g de la muestra y se dejó evaporar el agua en crisoles en una estufa a  $110 \pm 1$  °C durante 4 h. Se cuantificó el porcentaje de humedad mediante la diferencia de pesos utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra (g)} - (\text{Peso final (g)} - \text{Peso crisol (g)})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

### 5.2.1.2 Determinación de proteínas totales

Este método se basa en la digestión de las proteínas mediante la acción del ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Durante la digestión de la materia orgánica, el nitrógeno orgánico total se convierte en sulfato de amonio, el cual se mezcla con una base fuerte (NaOH al 40 %) y la solución resultante se destila. El destilado obtenido se combina con una solución de ácido bórico (4 %) ajustada a un pH de 4.6. Los aniones de borato se titulan con ácido clorhídrico (HCl al 0.1 N) para determinar el contenido de proteínas de la muestra. Para llevar a cabo la determinación, se pesaron 1 g de muestra, 4.5 g de sulfato de sodio anhidro y 0.4 g de sulfato de cobre como catalizadores y se añadieron 15 mL de ácido sulfúrico concentrado. Las muestras se colocaron en el digestor (BUCHI, Suiza) y se calentaron a 400 °C hasta obtener un líquido de color verde claro, que luego se enfrió a temperatura ambiente. Se agregaron 50 mL de hidróxido de sodio al 40 %. En otro matraz Erlenmeyer, se colocaron 50 mL de ácido bórico al 4 % con 10 gotas de indicador. Se realizó la destilación (BUCHI, Suiza) hasta obtener un volumen de 100 mL de la muestra preparada anteriormente. La muestra obtenida se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N y se calculó el porcentaje de proteínas utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{\text{mL gastados del ácido} \times N \times 14}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

N= Normalidad del ácido clorhídrico

F= 6.25 como factor de proteína

14= Peso atómico del nitrógeno

### 5.2.1.3 Determinación de lípidos

La determinación de lípidos se llevó a cabo mediante una extracción semicontinua con éter de petróleo por el método de Goldfish (AOAC 948.22-1948). El contenido total de lípidos se cuantificó por diferencia de peso. Para la determinación de lípidos, se pesaron 1 g de muestra que se colocaron en un

cartucho de celulosa y se introdujeron en el aparato de extracción de Goldfish. Se añadieron 40 mL de éter de petróleo a los vasos del equipo y se realizó la extracción durante 4 h. Finalmente, los vasos se secaron en una estufa a  $60 \pm 1$  °C durante 1 h y se pesaron. Para calcular el porcentaje de lípidos en la muestra, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Lipidos} = \frac{\text{Peso final del vaso (g)} - (\text{Peso inicial del vaso (g)})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

#### **5.2.1.4 Determinación de cenizas**

La determinación de cenizas (AOAC 942.05) se llevó a cabo cuantificando el contenido de materia orgánica mediante calcinación. Se pesaron 1 g de muestra en un crisol (a peso constante). Posteriormente, se carbonizó la muestra sobre una llama de mechero y se colocó en una mufla (Thermolyne, Estados Unidos de América) a  $550 \pm 1$  °C durante 5 h. Una vez que las cenizas adquirieron un color blanco, se dejó enfriar la muestra en un desecador. Finalmente, se pesaron las muestras y se calculó el porcentaje de cenizas utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

#### **5.2.1.5 Determinación de fibra dietética**

Para la cuantificación de la fibra se utilizaron 0.1 mL de  $\alpha$ -amilasa termoestable (4,000 U) con  $1 \pm 0.2$  g de muestra y desgrasada, y 50 mL de una solución reguladora de fosfatos a pH 6. La solución se incubó a 95 °C, agitando manualmente cada 5 min. Posteriormente, la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se ajustó el pH a  $7.5 \pm 0.2$  utilizando 10 mL de hidróxido de sodio a 0.275 N. Luego, se adicionaron 0.1 mL de una solución de proteasa (50 mg/mL en regulador de fosfatos, 550 U) y se mantuvo la mezcla durante 30 min con agitación constante en un baño a 60 °C. Después, la solución se enfrió a temperatura ambiente y se ajustó el pH a  $4.5 \pm 0.2$  con 10 mL de ácido clorhídrico a 0.325 M. Se



añadió 0.1 mL de amiloglucosidasa (260 U) y se dejó la solución a 60 °C durante 30 min con agitación constante. Posteriormente, se realizó la determinación de fibra total, filtrando la mezcla con 30 mL de etanol al 96 % utilizando papel filtro Whatman No. 40. El papel filtro se secó a 100 °C durante 1 h y luego se pesó junto con la muestra filtrada. Finalmente, se cuantificaron la proteína y las cenizas para corregir el cálculo.

$$\% \text{ Fibra Dietetica} = \frac{\text{Residuo} - \text{Proteína} - \text{Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Residuo} = \text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso final de la muestra}$$

### 5.2.1.6 Cuantificación de almidón resistente

La cuantificación del almidón resistente se realizó por el método AOAC 2002.02 K-RSTAR 05/19 del kit comercial resistant starch assay MEGAZYME usando la metodología sugerida por el fabricante (Megazyme, Ireland).

### 5.3 Diseño y desarrollo de la botana

Las botanas se elaboraron en la planta piloto de alimentos ubicada en el parque biotecnológico de la Universidad Autónoma de Querétaro, de acuerdo con las buenas prácticas de manufactura de acuerdo con la NOM-251-SSA1-2009. Las mezclas de los ingredientes se realizaron como se indica en el Cuadro 4. Se utilizó harina de maíz nixtamalizada desde 47 al 98.5 %, almidón alto en amilosa del 0 al 32.5 % y aislado de proteínas de chícharo del 0 a 39.4 %. Además, se adicionó 1 % de cloruro de sodio grado alimenticio y 0.5 % de carboximetilcelulosa (CMC).

**Cuadro 4.** Mezclas de ingredientes para el desarrollo de las botanas

| Formulación | Harina de maíz nixtamalizada | Almidón alto en amilosa (Hi-Maize 260) | Aislado de proteína de chícharo | Cloruro de sodio | Carboximetilcelulosa |
|-------------|------------------------------|--|---------------------------------|------------------|----------------------|
| F1          | 98.5                         | 0                                      | 0                               | 1                | 0.5                  |
| F2          | 59.1                         | 0                                      | 39.4                            | 1                | 0.5                  |
| F3          | 47                           | 32.5                                   | 19                              | 1                | 0.5                  |

Los datos de la formulación son expresados en porcentaje

Las harinas se mezclaron con agua purificada hasta obtener una masa moldeable. Luego, se extendió la masa en forma de lámina de un 1 mm de grosor con una máquina de tortillas con rodillo manual y se cortó manualmente con un cortador de forma de triángulo equilátero de 6 cm para conseguir la forma deseada del totopo. Posteriormente, las formas obtenidas se hornearon en un horno tostador (Oster, modelo TSSTTVMAF1-013 México) en una charola con agujeros triangulares a 190 °C durante 8 min., una vez que las muestras estaban a temperatura ambiente las botanas se empaquetaron en bolsas trilaminadas para su conservación y análisis posteriores.

#### **5.4 Determinación químico proximal de la botana**

Se realizó el análisis químico como se describió en la sección 5.2

#### **5.5 Determinación de digestibilidad *in vitro* de proteínas**

Se preparó una suspensión de proteínas a 6.23 mg/mL, la cual se agitó durante 30 min. La solución de proteínas mencionada se ajustó a un pH de 8.0 utilizando una solución de HCl o NaOH a 0.1 N. Posteriormente, se añadió 1 mL de una solución multienzimática que contenía 1.6 mg/mL de tripsina, 3.1 mg/mL de quimiotripsina y 1.3 mg/mL de pepsina. Estas muestras se incubaron en un baño maría a 37 °C con agitación cada 2 min. Se utilizó caseína como control y, finalmente, se sustituyó el pH obtenido en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ digestibilidad} = 229.30 - 30.30X$$

Donde:

X = pH a los 10 min (Hsu et al., 1977).

#### **5.6 Análisis fisicoquímicos de la botana**

##### **5.6.1 Perfil de viscosidad**

Este análisis se desarrolló de acuerdo con el método 61-02 de la AACC (2000) con algunos cambios reportados por Ménera-López et al. (2013). Se pesaron 3 g de cada muestra de totopo, a la cual se le agregó agua destilada hasta alcanzar

un peso final de 21 g, la muestra se homogenizó con un agitador a una velocidad de 169 rpm, una temperatura de 50 °C y un tiempo de 2 min. Se utilizó un reómetro (Physica Anton Para, modelo MCR-101), la muestra se calentó hasta 90 °C a una velocidad de 5.6 °C/min, manteniendo constante la temperatura por 5 min, posteriormente la muestra se enfrió hasta 50 °C a una velocidad de 5.6 °C/min. En este análisis se evaluaron los parámetros de viscosidad mínima, viscosidad final y viscosidad de retrogradación, expresadas en centipoise (cP).

### **5.6.2 Textura**

Para el análisis de textura se realizó una prueba de compresión utilizando un analizador de textura TA-HD (Stable Micro Systems XT-RA) con una celda de carga de 25 kg, una velocidad de cruceta de 1,70 mm/s con carga de activación de 0.85 N y con la sonda TA15/1000. Con estas condiciones se midió la dureza en N de las botanas desarrolladas y la botana comercial aplicando fuerza al centro de la botana hasta que se produjo la fractura (Ramírez-Jiménez et al., 2018).

### **5.6.3 Medición de actividad de agua**

La determinación de la actividad de agua se realizó a temperatura ambiente en el equipo AquaLab (serie 3 AquaLab®) en un tamaño representativo de la muestra que es aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de la capacidad del envase. En este caso se calibra el equipo con agua destilada. Posteriormente, parte de la muestra pulverizada se colocó en el envase a una capacidad de  $\frac{3}{4}$  y se cerró para medir su lectura hasta que llegó al equilibrio.

## **5.7 Evaluación microbiológica de las botanas**

La evaluación microbiológica se realizó en el laboratorio para la evaluación y control de riesgos microbianos en alimentos (LECRIMA). Para la evaluación microbiológica se utilizó 10 g de muestra y 90 mL de una solución de peptona al 0.1 % estéril de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994, esta solución se agitó por 2 min hasta obtener una solución homogénea la cual se utilizó para posteriores análisis.

### **5.7.1 Determinación de bacterias mesófilas aerobias**

El conteo de mesófilos aerobios se determinó de acuerdo con la NOM-092-SSA-1-1994, en la cual se emplearon diluciones 1:10 en el diluyente de peptona

obtenida en la sección 5.7. y se colocó 1 mL de esta dilución en una caja Petri utilizando el agar triptona con extracto de levadura a  $35 \pm 2$  °C para incubarla durante 24 a 48 h donde se seleccionaron aquellas con un rango de colonias de 25 a 250 y se reportaron en UFC/g.

### **5.7.2 Determinación de mohos y levaduras**

El conteo de mohos y levaduras se determinó según la NOM-111-SSA-1-1994, en la cual se empleó una dilución de 1:10. Para lo anterior, se incubó a  $25 \pm 1$  °C en una caja Petri 1 mL de la solución preparada en la sección 5.7. con 15 a 20 mL de agar papa dextrosa acidificada. Posteriormente, se dejó incubar 6 días para contar las colonias de las placas que contenían de 10 hasta 150 colonias desarrolladas y se reportaron en UFC/g.

### **5.7.3 Determinación de coliformes totales**

Se evaluó la presencia de coliformes totales por la Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, se realizó una dilución 1:10 en tubos con la solución obtenida de la sección 5.7 y caldo lauril sulfato triptosa y se agitó durante 15 a 20 min. Los tubos se incubaron a  $35 \pm 0.5$  °C por 48 h y se evaluó la presencia de gas. Se realizó un cálculo de concentración de coliformes basándose en el número de tubos que fueron positivo a la incubación de acuerdo con la norma.

## **5.8 Evaluación sensorial de la botana**

El estudio fue aprobado por el comité de bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro, bajo el número de oficio CBQ23/066c (Anexo 1). Se llevó a cabo una prueba sensorial hedónica con 35 panelistas no entrenados, de acuerdo con Stone & Sidel (2004), para evaluar la aceptabilidad sensorial de nuevos productos en el mercado. Se ha demostrado que este tipo de pruebas permite identificar tendencias y proporcionar información de productos nuevos que podrían ser comercializados (Stone & Sidel, 2004).

La prueba sensorial se llevo a cabo con el apoyo de la comunidad de la Universidad Autónoma de Querétaro, participando personas de ambos géneros, con edades comprendidas entre 18 y 55 años, y consumidores de botanas. El objetivo fue determinar el agrado general hacia las botanas elaboradas, así como la

preferencia y la intención de compra. Es importante destacar que la participación en esta evaluación sensorial fue completamente voluntaria y abierta a toda la comunidad universitaria. Para invitar a las personas a participar en la evaluación sensorial se hizo uso de las redes sociales, así como un cartel en los espacios publicitarios de la Facultad de Química (Anexo 2). A los panelistas se les explicó en qué consistía el estudio, los beneficios y los posibles riesgos que podrían presentarse y en caso de estar de acuerdo en la participación del estudio se les solicitó que firmaran el consentimiento informado con el objetivo de que pudieran expresar su autonomía (Anexo 3).

Como criterios de exclusión se consideró a las personas que presentaron algún tipo de alergia o sospecha de una posible alergia a uno o más de los ingredientes de la botana; así como a los individuos con alguna intolerancia o sospecha de una intolerancia a los ingredientes por ejemplo al gluten, personas enfermas con alguna alteración en su percepción sensorial, mujeres embarazadas o en lactancia y personas que estuvieran con algún tratamiento médico que pudiera alterar su percepción sensorial y quienes podrían estar limitados a dar un juicio de los atributos evaluados.

La evaluación se realizó en el laboratorio de análisis sensorial de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos donde se evaluó la aceptabilidad general, la apariencia, la textura, el color, el olor, el sabor y la textura (Biró et al., 2020) (Anexo 4) de las 2 formulaciones y el control mencionadas en el apartado 5.3; además, se incluyó una botana comercial (totopos horneados de la marca Sanissimo®). En esta misma evaluación se determinó la intención de compra donde se solicitó que indicaran si comprarían o no el producto (Anexo 4) (Kytö et al., 2019).

## **5.9 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la composición proximal, de la actividad de agua, digestibilidad *in vitro* de la proteína y la textura se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar. La evaluación estadística de los datos se determinó mediante el análisis de varianza (ANOVA). La comparación entre todos los tratamientos se

realizó con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron por el estadístico chi-cuadrada con un nivel de confianza del 95 %. Los datos se analizaron con el paquete estadístico JMP 11 portable.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Determinación química proximal de los ingredientes

Las botanas de maíz como los totopos son productos con altos contenidos de almidón digerible y bajos contenidos de proteína y fibra dietética. Por lo cual, en este proyecto se propuso sustituir un porcentaje de harina de maíz nixtamalizado por ingredientes como el aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa (alto contenido de fibra), esto con la finalidad de disminuir el contenido de almidón digerible y mejorar el aporte nutrimental de los totopos. De acuerdo con el Cuadro 5, el aislado de proteína de chícharo tiene hasta 10 veces más proteínas que la harina de maíz.

**Cuadro 5.** Composición química de la harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo

| Ingrediente                  | Proteínas (%)  | Lípidos (%)   | Cenizas (%)   | Carbohidratos (%) |
|------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Harina de maíz nixtamalizada | 8.50 ± 0.09 b  | 1.68 ± 0.39 a | 1.61 ± 0.01 b | 88.22 ± 0.39 b    |
| Almidón alto en amilosa      | 0.72 ± 0.04 c  | 0.23 ± 0.08 b | 0.09 ± 0.01 c | 98.96 ± 0.07 a    |
| Proteína de chícharo         | 84.70 ± 2.23 a | 0.55 ± 0.17 b | 3.58 ± 0.10 a | 11.17 ± 2.39 c    |

Datos expresados en base seca. Los carbohidratos se determinaron por diferencia. Los valores representan la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes indican diferencia significativa con la prueba de Tukey- Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Diferentes estudios han reportado un rango de valores similares a los encontrados en este estudio, el contenido de proteínas varió entre 7.89 y 9.02 % en la harina de maíz nixtamalizada (Artavia et al., 2022; Bon-Padilla et al., 2022; Contreras-Jiménez et al., 2020). Por otro lado, para el aislado de proteína de chícharo se han obtenido rangos entre 80 y 86 % (Cui et al., 2020; Daba & Morris, 2021; Gao et al., 2020), mientras que para el almidón alto en amilosa se han reportado valores de 0.51 a 2.66 % de proteínas (García-Valle et al., 2021; Obadi et al., 2023).

La concentración de este macronutriente es importante, ya que su adición a la mezcla para la elaboración de botanas tipo totopos a base de maíz permitirá mejorar las características nutricionales de este producto. En este sentido, se

incorporó el aislado de proteína de chícharo por su mayor contenido proteico y favorece el complemento de los aminoácidos esenciales en productos alimenticios al combinarlo con harina de maíz nixtamalizado. Ya que la harina de maíz nixtamalizada es deficiente en lisina (18 - 25 mg/g), mientras que el aislado de proteína de chícharo contiene entre 47 - 57 mg/g. Por otro lado, el aislado de proteína de chícharo es deficiente en leucina (57 - 64 mg/g) mientras que la harina de maíz contiene 60 - 183 mg/g de proteína. Esto permite un complemento de aminoácidos esenciales y su combinación puede generar un producto con mejor calidad proteica.

De acuerdo con las guías nutrimentales, el requerimiento diario de lisina es de 30 mg/kg de peso corporal/día; para un adulto de 80 kg que consume 100 gramos de maíz éste aporta el 15.69 % de la lisina requerida. Por otro lado, 100 gramos del aislado de proteína de chícharo aportan el 100 % de la lisina requerida (Gwartz & García-Casal, 2014; Hamaker et al., 2018; Qayyum et al., 2012; Shanthakumar et al., 2022). Por lo tanto, el uso de cereales junto con leguminosas permite obtener un contenido proteico de mejor calidad.

En el Cuadro 5 se observa que el contenido de grasas fue mayor en la harina de maíz nixtamalizado. Se ha reportado que este contiene principalmente ácidos grasos esenciales como el ácido oleico en el rango de 31.70 a 35.88 % y ácido linoleico que representa del 38.52 a 41.87 % del total de grasas (Chan-Chan et al., 2021). Sin embargo, el contenido de grasas de la harina de maíz nixtamalizado es relativamente bajo. Adicionalmente, el contenido de cenizas fue más alto en el aislado de proteína y de acuerdo con otras investigaciones, este presenta principalmente potasio, fósforo y calcio (Shanthakumar et al., 2022).

Respecto al contenido de carbohidratos es importante resaltar que la muestra con el mayor porcentaje de estos compuestos es la de almidón alto en amilosa con un 90 % de estos en base seca, seguido de la harina de maíz, mientras que el aislado de proteína tiene un 11 % de carbohidratos totales (Cuadro 5). En este sentido es importante determinar el tipo de carbohidratos que aportan estos



ingredientes, ya que en este proyecto se quiso desarrollar botanas con un menor contenido de carbohidratos digeribles.

## 6.2 Fibra dietética y almidón resistente de los ingredientes

Por otra parte, los altos contenidos de fibra dietética en los almidones altos en amilosa han llamado la atención y son considerados como un ingrediente funcional por la Academia Nacional de los Estados Unidos y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria debido a sus propiedades nutricionales y su sabor suave en comparación a otros ingredientes de fibra dietética. De manera que se recomiendan este tipo de almidones para la elaboración de productos con un mayor contenido de carbohidratos indigeribles (Zhong et al., 2023).

De acuerdo con lo mostrado en el Cuadro 6, el almidón alto en amilosa contiene hasta 5.42 veces más de fibra que la harina de maíz nixtamalizada, y de esta fibra, 41 % es almidón resistente. Con esta información se podría deducir que 50.1 % del contenido de carbohidratos del almidón alto en amilosa podría estar disponible para su absorción. Mientras que, en el caso de la harina de maíz nixtamalizada, 10.2 % de su fibra dietética es almidón resistente y 79.2 % podría ser carbohidratos disponibles (Cuadro 5 y 6).

**Cuadro 6.** Contenido de fibra total y almidón resistente de los ingredientes

| Ingrediente                  | Fibra dietética total (%) | Almidón resistente (%) |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Harina de maíz nixtamalizada | 9.00 ± 0.06 b             | 0.92 ± 0.03 b          |
| Almidón alto en amilosa      | 48.82 ± 0.19 a            | 28.61 ± 0.37 a         |
| Proteína de chícharo         | 1.31 ± 0.17 c             | 0.01 ± 0.00 c          |





Los valores representan la media de dos réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %

Para la harina de maíz nixtamalizada, diferentes estudios han reportado un rango de valores de fibra dietética de 8.65 y 9.42 % (Artavia et al., 2022; Bon-Padilla et al., 2022; Domínguez et al., 2023) y de almidón resistente de 0.5 a 3.96 % (Acosta-Estrada et al., 2023; Artavia et al., 2022; Bresciani et al., 2021; Enríquez et al., 2020), valores similares encontrados en el presente estudio. El contenido de fibra en el almidón alto en amilosa obtenido coincide con lo previamente reportado del 46

al 47 % (García-Valle et al., 2021) y de almidón resistente de 18.4 a 46.0 % (Bresciani et al., 2021; García-Valle et al., 2021; Zhang et al., 2016).

### 6.3 Elaboración de las botanas y su contenido proximal

Las botanas tipo totopo fueron elaboradas con harina de maíz nixtamalizado, almidón alto en amilosa, aislado de proteína de chícharo, carboximetilcelulosa y sal. Las mezclas se presentan en el Cuadro 3 y en la Figura 3 se pueden observar los totopos desarrollados con las cantidades correspondientes de los ingredientes.

| Formulación             | F1  | F2  | F3   | F4  |
|-------------------------|---|---|--|---|
| Ingredientes            |  |  |  |  |
| Maíz                    | 98.5  | 59.1  | 47   | Comercial   |
| Almidón alto en amilosa | 0   | 0   | 32.5   |   |
| Proteína de chícharo    | 0   | 39.4  | 19   |   |
| CMC                     | 0.5   | 0.5   | 0.5  |   |
| Sal                     | 1   | 1   | 1  |   |

**Figura 3.** Totopos de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.

De acuerdo con lo presentado en el Cuadro 7, en comparación con los totopos F1, el totopo F2 presenta un contenido proteico 4.21 veces mayor. Por otro lado, el totopo F3 muestra un contenido de proteína 2.27 veces superior.

Otros autores han reportado un rango de contenido proteico entre el 6.43 y 25.60 % para los totopos elaborados con harina de maíz y leguminosas, y leguminosas germinadas (Agrahar-Murugkar et al., 2018; Machado-Velarde et al., 2023; Vasisht et al., 2024). En comparación con los totopos de maíz desarrollados en la literatura el contenido de proteínas se incrementó hasta 1.79 veces al utilizar leguminosas (Agrahar-Murugkar et al., 2018; Machado-Velarde et al., 2023), mientras que aquellos elaborados con leguminosas germinadas presentaron un contenido de 2.86 veces superior (Vasisht et al., 2024). Mientras que en nuestro

estudio como ya se mencionó se incrementó entre 2.27 y 4.21 veces al agregar la proteína de chícharo logrando un mayor incremento de este macronutriente en comparación con los trabajos con leguminosas o sus germinados. Adicionalmente, como se mencionó en la sección 6.1, la combinación de la harina de maíz nixtamalizada y la proteína de chícharo podría complementar el perfil de aminoácidos que contienen ambos ingredientes como por ejemplo el aminoácido esencial lisina, lo que permite obtener una botana con mejor perfil de aminoácidos al comparar con una botana con solo harina de maíz nixtamalizada.

**Cuadro 7.** Composición química de los totopos elaborados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo

| Formulación | Proteína (%)   | Lípidos (%)   | Cenizas (%)   | Carbohidratos (%) |
|-------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| F1          | 7.91 ± 0.34 c  | 2.30 ± 0.08 c | 2.54 ± 0.02 c | 87.24 ± 0.23 a    |
| F2          | 33.32 ± 0.15 a | 2.65 ± 0.09 c | 3.38 ± 0.08 b | 60.64 ± 0.42 c    |
| F3          | 17.98 ± 0.10 b | 3.85 ± 0.17 b | 4.07 ± 0.30 a | 77.05 ± 0.01 b    |
| F4          | 6.99 ± 0.32 d  | 4.60 ± 0.08 a | 1.99 ± 0.11 d | 86.42 ± 0.30 a    |

F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Datos expresados en base seca. Los carbohidratos se determinaron por diferencia. Los valores representan la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Los totopos desarrollados en la presente investigación presentaron entre 2.30 a 4.60 % de lípidos, presentándose una mayor concentración en el totopo F4, seguido del totopo F3. Estos resultados no son esperados debido a que la harina de maíz nixtamalizada como ingrediente es la que mayor concentración de grasa tiene. Por lo tanto, el totopo F1 debería mostrar el mayor contenido de lípidos por los ingredientes utilizados. Sin embargo, en general las concentraciones de lípidos en los totopos desarrolladas son bajas en lípidos. El incremento de lípidos en los totopos F3 podría ser atribuido a la variabilidad que presenta la técnica empleada para la cuantificación.

Diferentes autores han reportado contenidos de lípidos en totopos horneados de 0.44 a 13.57 % (Cheng et al., 2022; López-Martínez et al., 2019 Machado-Velarde et al., 2023). Estos totopos fueron elaborados con harina de maíz nixtamalizada y mezclados con leguminosas, leguminosas germinadas o harina de

grillo como fuente de proteína o cáscaras de frijol negro como fuente de proteínas y fibra dietética. En comparación con el totopo de maíz de las investigaciones mencionadas, el contenido de lípidos disminuyó hasta 4.21 veces al utilizar leguminosas (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023). Mientras que, al emplear grillo como fuente de proteína, el contenido de grasas incrementó hasta 0.76 veces (Cheng et al., 2022). Al agregar la proteína de chícharo y el almidón alto en amilosa, no se observaron cambios significativos en el contenido de lípidos, y se logró obtener un incremento estadísticamente significativo en el contenido de proteínas.

Con respecto al contenido de carbohidratos totales, al comparar el totopo de maíz que contiene proteína de chícharo, presenta 1.44 veces menos carbohidratos totales que el totopo de maíz. Por otro lado, el totopo con proteína de chícharo y almidón alto en amilosa tiene un contenido de carbohidratos totales 1.13 veces menor (Cuadro 7).

Diferentes estudios han reportado un rango de valores de 35.03 a 81.72 % de carbohidratos totales para totopos desarrollados con leguminosas, así como con harina de grillo (Cheng et al., 2022; López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023). Los totopos elaborados con leguminosas contenían hasta 2.24 veces menos carbohidratos totales que el totopo de maíz (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023). Por el contrario, el totopo de maíz con harina de grillo mostro 1.22 veces menor contenido de carbohidratos (Cheng et al., 2022).

Los carbohidratos presentes en los totopos pueden estar compuestos de almidón digerible y fibra dietética, por lo tanto, esta última fue cuantificada en los productos elaborados.

#### **6.4 Fibra dietética y almidón resistente de los totopos**

El contenido de fibra dietética en el totopo F1 fue de 1.32 veces mayor respecto con el totopo F2; mientras que el totopo F3 presenta hasta 2.25 veces más fibra comparado con el totopo F1. Adicionalmente, el contenido de almidón resistente en el totopo F3 es hasta 4.65 veces mayor en comparación con el totopo F1 (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Contenido de fibra dietética y almidón resistente de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo

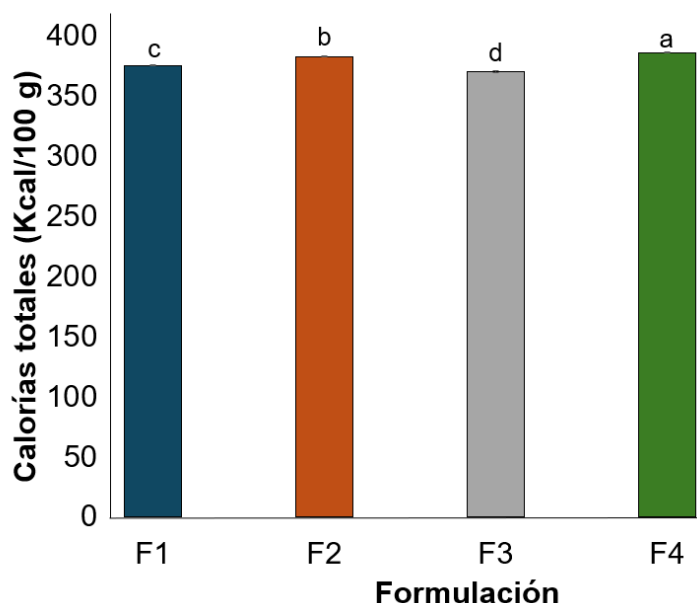
| Formulación | Fibra dietética total (%) | Almidón resistente (%) |
|-------------|---------------------------|------------------------|
| F1          | 6.77 ± 0.30 ab            | 1.08 ± 0.05 c          |
| F2          | 5.11 ± 0.01 b             | 0.46 ± 0.01 d          |
| F3          | 15.29 ± 0.55 a            | 5.03 ± 0.04 a          |
| F4          | 9.51 ± 0.21 a             | 1.46 ± 0.02 b          |

F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de dos réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

En relación con el contenido de fibra dietética, se han reportado valores similares que oscilan entre el 3.30 y 32.38 % para totopos elaborados con leguminosas o cáscaras de mango como fuentes de fibra. Se ha encontrado que el contenido de fibra puede incrementarse hasta 1.81 veces más cuando se utilizan leguminosas (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023). Mientras que, en adicionados con cáscara de mango, el aumento fue hasta 3.67 veces (Mayo-Mayo et al., 2020).

Si bien no se logró una disminución del contenido total de carbohidratos en los totopos, una parte significativa corresponde a fibra dietética. Esto permite obtener una botana alta en fibra, de acuerdo con la regulación europea, que establece que para que un producto se considere alto en fibra, debe contener al menos 6 g de fibra por cada 100 g de producto (Diario Oficial de la Unión Europea, 2006). De este modo, se pudo obtener una botana rica en fibra dietética, que incluye proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. Por otro lado, de acuerdo con las guías nutrimentales de la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, el requerimiento de fibra dietética recomendada es de 30 a 40 g. En este sentido, el consumo de 100 g de las botanas aporta del 17.0 al 50.9 % de la fibra dietética recomendada por día (Ioniță-Mîndrican et al., 2022).

Por otro lado, el contenido calórico de los totopos elaborados se presenta en la Figura 4, donde se registró un rango de 370.61 a 386.34 kcal/100 g. Al comparar el totopo F1 con el totopo F3, este último presentó un menor contenido calórico hasta 1.01 veces menor en las calorías totales. Este decremento se debe principalmente al uso del almidón alto en amilosa, el cual tiene un contenido calórico de 1.7 kcal/g, en comparación con el almidón digerible, que tiene 4 kcal/g (Raigond et al., 2015).

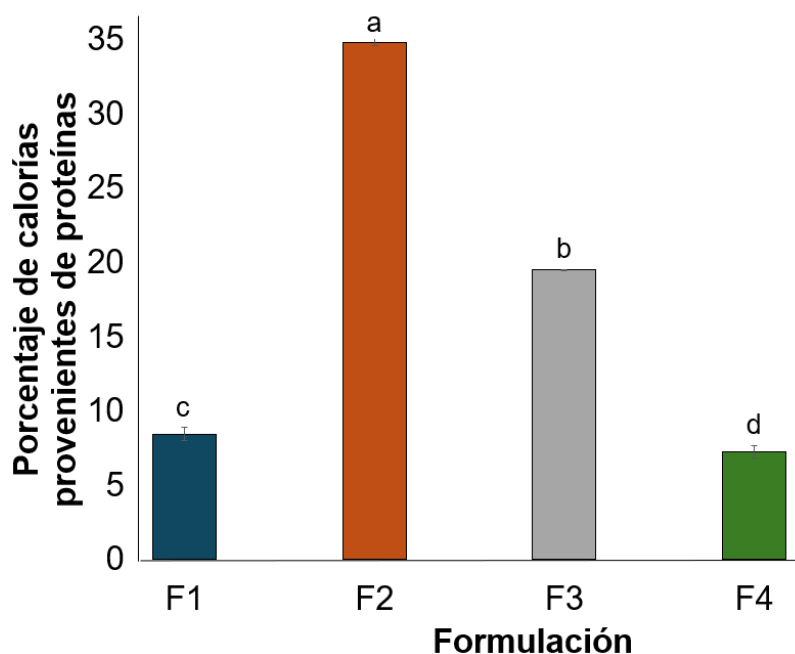


**Figura 4.** Calorías totales de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de tres réplicas  $\pm$  la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Otros autores han reportado un contenido calórico entre 287.28 a 400.72 kcal/100 g de totopo de maíz utilizando leguminosas (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023) o cáscara de mango como fuente de fibra dietética en totopos horneados (Zepeda et al., 2020). En los estudios mencionados, se reportó un contenido calórico menor de hasta 1.39 veces comparado con el totopo elaborado con harina de maíz. Esto se atribuyó al uso de leguminosas con altos contenidos de fibra dietética que sustituyen al almidón digerible del maíz. En este sentido, se logró obtener un totopo utilizando proteína de chícharo y almidón alto en

amilosa con un contenido calórico similar a los obtenidos al de otros estudios que utilizaron leguminosas o cáscaras de mango.

En la Figura 5 se puede observar el porcentaje de calorías provenientes de proteínas en los totopos elaborados y el totopo comercial estos oscilan entre el 7.24 y el 34.81 %. En comparación con el totopo F1, el totopo F2 contiene hasta 4.13 veces más calorías provenientes de proteínas. Asimismo, el totopo F3 presenta hasta 2.31 veces más calorías provenientes de proteínas que el totopo F1.



**Figura 5.** Calorías provenientes de las proteínas en los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de tres réplicas  $\pm$  la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Un producto se considera alto en proteínas cuando al menos el 20 % de sus calorías provienen de este macronutriente (Diario Oficial de la Unión Europea). En este sentido, podemos observar que los totopos F2 y F3 cumplen con esta condición. Por otro lado, estudios similares han reportado que el porcentaje de calorías provenientes de proteínas varía entre el 1.44 % y el 15.76 % (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023; Zepeda et al., 2020),

destacando que estas investigaciones no cumplen con el requisito de totopos altos en proteínas cuando se utilizan leguminosas como fuente proteica.

En este proyecto se logró desarrollar un producto con un alto contenido de proteínas, por la adición de proteínas de chícharo y al almidón alto en amilosa (que tiene un menor contenido calórico en comparación con el almidón digerible).

### 6.5 Digestibilidad *in vitro* de proteínas de los totopos

Como se mencionó anteriormente, se logró desarrollar un totopo mayor aporte proteico. Sin embargo, es de suma importancia evaluar la digestibilidad que tienen. Por ello, se realizó un estudio de digestibilidad *in vitro* de proteínas. De acuerdo con lo mostrado en el Cuadro 9, el porcentaje de digestibilidad *in vitro* incrementó 1.16 veces cuando se incluyó proteína de chícharo y fue estadísticamente igual con el totopo F3, siendo esta 1.13 veces en comparación con el totopo F1

**Cuadro 9.** Contenido y digestibilidad *in vitro* de proteínas de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo

| Formulación | Proteínas (%)  | Digestibilidad <i>in vitro</i> de proteínas (%) |
|-------------|----------------|---|
| F1          | 7.91 ± 0.34 c  | 70.73 ± 0.92 b                                  |
| F2          | 33.32 ± 0.15 a | 82.55 ± 2.15 a                                  |
| F3          | 17.98 ± 0.10 b | 79.96 ± 0.25 a                                  |
| F4          | 6.99 ± 0.32 d  | 69.46 ± 2.23 b                                  |

F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Diferentes estudios han reportado un rango de valores de digestibilidad *in vitro* de proteínas en totopos elaborados con maíz y leguminosas que oscila entre el 59.11 % y el 85.77 % (López-Martínez et al., 2019; Machado-Velarde et al., 2023; Ochoa-Martínez et al., 2016). Los datos obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura. Es importante destacar que, cuanto mayor sea la digestibilidad *in vitro* de las proteínas, mayor será su absorción. Los dos productos elaborados con proteína de chícharo presentan una



digestibilidad superior al 80 % por lo que el aprovechamiento de las proteínas podría ser alto.

Se ha reportado que los procesos utilizados en el aislamiento de proteínas de chícharo aumentan la digestibilidad de este macronutriente, lo que corresponde con los resultados. En este sentido se ha reportado que las harinas de leguminosas presentan menor digestibilidad de proteínas respecto con las proteínas animales, lo que se atribuye a la presencia de las paredes celulares e inhibidores de proteasas. Sin embargo, en el proceso del aislamiento de proteínas, estos componentes son eliminados incrementando así la digestibilidad de los aislados proteicos (Santos-Hernández et al., 2020). Adicionalmente, se ha reportado que el maíz contiene factores antinutricios como son los fitatos que pudiera ser una de las razones de la menor digestibilidad *in vitro* de proteínas del totopo de maíz, ya que estos no son eliminados o inactivados en el procesamiento del totopo (Acosta-Estrada et al., 2023; Murillo et al., 2021).

## **6.6 Parámetros fisicoquímicos de los totopos desarrollados**

### **6.6.1 Perfil de viscosidad de los totopos desarrollados**

El almidón es uno de los componentes mayoritarios de los carbohidratos de los totopos, el cual influye en las propiedades reológicas de los productos. En este sentido, la forma y tamaño del gránulo del almidón, así como el contenido de amilosa y amilopectina son factores que influyen en las mismas (Vega-Rojas et al., 2017). El perfil de viscosidad muestra los cambios físicos y estructurales inducidos por el horneado, es decir, los cambios en los componentes químicos de la formulación del totopo (Carvalho et al., 2010; Rincón-Londoño et al., 2016). Con esto, la viscosidad nos permite conocer el grado de modificación del gránulo del almidón producido por el tratamiento del horneado para obtener los totopos (Villada et al., 2017).

En el Cuadro 10 se muestra la viscosidad máxima, mínima y la retrogradación de los totopos de las diferentes formulaciones. La viscosidad final se utiliza comúnmente para evaluar las propiedades de formación de pasta viscosa o gel después del horneado y su enfriamiento (Cozzolino, 2016). Comparado con el

totopo F1, la viscosidad final del totopo F2 fue 0.75 veces menor, mientras que la del totopo F3 fue 0.93 veces menor. En este sentido, a mayor viscosidad se obtendrá un producto más duro.

La viscosidad mínima es un periodo donde hay una reducción de la viscosidad por la lixiviación del almidón y su posterior alineación, este parámetro permite conocer la capacidad de gelificación del producto (Jackson, 2003). En este estudio, el totopo F2 fue 0.72 veces menor comparada con el totopo F1, mientras que el totopo elaborado con los tres ingredientes fue 0.90 veces menor. Por lo que un valor bajo puede indicar una menor capacidad de gelificación o estabilidad del totopo final. Además, la viscosidad de retrogradación (calculada como la diferencia entre viscosidad final y viscosidad mínima) es 0.79 veces menor en el totopo F2 y 0.97 veces menor en el totopo F3 en comparación con el totopo F1 (Cuadro 10).

La retrogradación implica una recristalización rápida de moléculas de amilosa que fueron lixiviadas en el proceso de gelatinización volviéndose insoluble a medida que se enfría a temperatura ambiente seguido de una recristalización lenta de moléculas de amilopectina (Colussi et al., 2017). Por lo que la retrogradación comienza después que el producto ha sido enfriado, además, es responsable del desarrollo de la estructura del gel, que está relacionado con el endurecimiento de los productos con alto contenidos de almidón como son los totopos (Kelekci et al., 2003; Colussi et al., 2017).

En este sentido, altas viscosidades de retrogradación se asocian con una elevada retrogradación del almidón que permite obtener totopos crujientes (totopos F1 y F4, Cuadro 10). Por otro lado, la retrogradación se asocia a la disminución de la digestibilidad del almidón lo que provoca que los alimentos a base de almidón tengan bajos índices glicémicos (Colussi et al., 2017). Adicionalmente se ha reportado que el almidón alto en amilosa inicia su gelatinización a temperaturas de 100 °C (Obadi et al., 2023). Esto es acorde con los resultados obtenidos donde se observó poco desarrollo de viscosidad durante la evaluación. Con esta menor retrogradación se esperaría que el totopo de maíz adicionado con proteína de chícharo y el adicionado con proteína de chícharo y almidón alto en amilosa tengan

una menor dureza y posiblemente sean suaves, pero crujientes como se observa en el apartado 6.6.1.

**Cuadro 10.** Propiedades reológicas de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína

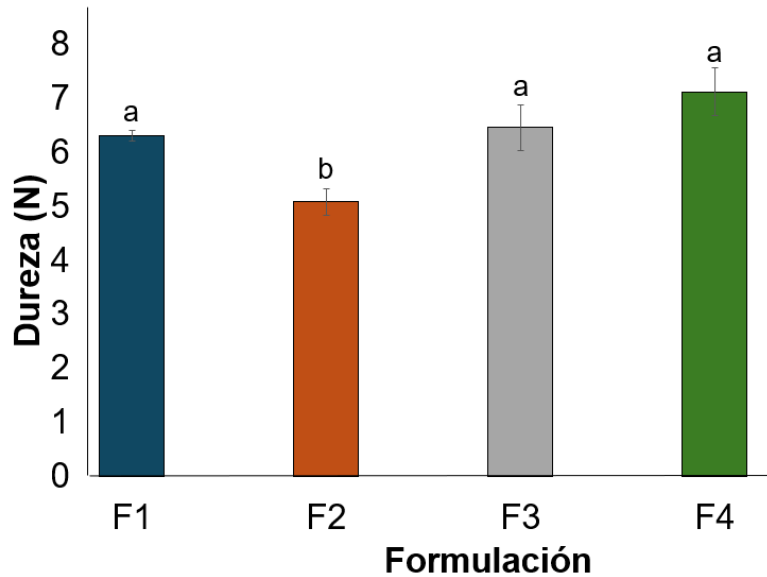
| Formulación | Viscosidad final (cP) | Viscosidad mínima (cP) | Viscosidad de retrogradación (cP) |
|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| F1          | 4766.50 ± 112.50 a    | 2573.00 ± 113.00 a     | 2193.50 ± 0.50 a                  |
| F2          | 1199.00 ± 168.00 b    | 731.20 ± 13.10 c       | 467.80 ± 154.90 b                 |
| F3          | 319.20 ± 0.80 c       | 262.60 ± 1.40 d        | 56.60 ± 0.60 b                    |
| F4          | 4581.00 ± 88.00 a     | 1830.50 ± 51.50 b      | 2750.50 ± 139.50 a                |

F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de dos réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

### 6.6.1 Textura

La dureza es uno de los parámetros más importantes al desarrollar nuevos productos para el mercado. Su evaluación permite determinar la posible aceptabilidad sensorial. En este estudio se cuantificó la dureza y se comparó con una muestra comercial de totopos de maíz nixtamalizado horneado, similar a los totopos desarrollados en la presente investigación.

En la Figura 6 se puede observar la dureza, medida en Newtons (N) de los totopos elaborados y del totopo comercial. Este parámetro osciló entre 5.06 y 7.13 N. El totopo F2 presenta una dureza 1.40 veces menor a la muestra comercial. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los otros tres totopos.



**Figura 6.** Dureza (en N) de los totopos desarrollados con harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de tres réplicas  $\pm$  la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Otros autores han reportado un rango de dureza para totopos que oscila entre 1.32 y 14.7 N, específicamente para aquellos elaborados con leguminosas o cáscara de mango (Agrahar-Murugkar et al., 2018; Mayo-Mayo et al., 2020; Zepeda et al., 2020). En la presente investigación, se observó que el rango obtenido se encuentra dentro de los límites reportados en la literatura. En este sentido, se puede concluir que los totopos desarrollados podrían ser aceptados sensorialmente en cuanto a la textura, ya que se sitúan dentro del rango de otras investigaciones y del totopo comercial. Se ha reportado que la dureza de los totopos está relacionada con el tiempo de horneado. Kayacier & Singh (2003) reportaron que la dureza de los totopos horneados está relacionada con la vaporización y difusión de la humedad para formar burbujas de aire más grandes en el horneado, formando grietas en los productos, y con esto se obtienen totopos con menores durezas al ser horneados a altas temperaturas por tiempos cortos como en la presente investigación. Adicionalmente, como se mencionó anteriormente en el apartado 6.6.1 la retrogradación está ligada a la dureza de los totopos, donde podemos observar que el totopo F2 tiene menor dureza, esto pudiera deberse a que retrogrado menos por

el menor contenido de almidón que este contiene y por lo tanto tiene una textura más suave, pero crujiente (Cuadro 10 y Figura 6). Para el totopo F3 si pudiera haber retrogradado una parte del almidón ya que las temperaturas del horneado fueron de 190 °C. Se ha reportado que el almidón alto en amilosa empieza a gelatinizarse a temperaturas de 100 °C (Obadi et al., 2023), lo que pudo haber influido en la retrogradación parcial del almidón del totopo.

### **6.6.3 Actividad de agua y humedad**

Los totopos son alimentos de baja humedad y estables en almacenamiento, ya que los microorganismos requieren un mínimo de 0.60 de actividad de agua para proliferar (Ijabadeniyi & Pillay, 2017) y para humedad se recomienda que esta sea menor a 10 % (Beeckmans, 2018). En cuanto a la actividad de agua (0.21-0.29) y humedad (1.64-3.12 %), a pesar de que estos parámetros fueron diferentes estadísticamente, todos estuvieron dentro de los valores recomendados por los autores antes mencionados (Cuadro 11). Por lo tanto, estos datos sugieren que los productos tienen menor riesgo de crecimiento microbiano al usarse las buenas prácticas de manufactura ya que los microorganismos no proliferan en las condiciones de los totopos.

Iribe-Salazar et al. (2018) reportaron que el tiempo y la temperatura de horneado de los totopos tienen un efecto importante en el contenido de humedad, y esto se relaciona con la actividad de agua, donde un mayor tiempo y temperatura de horneado dan como resultados mayores pérdidas del contenido de humedad. En un estudio realizado con totopos enriquecidos con proteínas, encontraron que el contenido de humedad y actividad de agua se afectaron por el espesor y el tiempo de horneado; la actividad de agua fue entre 0.26 y 0.75. Los autores explicaron que el hornear implica un proceso de calentamiento complejo, lo que produce que los totopos experimenten una transición de fase acuosa. Se produce una rápida vaporización y difusión de la humedad a través de los poros de los totopos, lo que reduce el contenido de humedad y actividad de agua (Jiang et al., 2018).

**Cuadro 11.** Actividad de agua de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, almidón alto en amilosa y aislado de proteína de chícharo.

| Formulación | Actividad de agua | Humedad (%)   |
|-------------|-------------------|---------------|
| F1          | 0.26 ± 0.00 b     | 3.02 ± 0.14 a |
| F2          | 0.21 ± 0.00 c     | 1.64 ± 0.14 b |
| F3          | 0.29 ± 0.00 a     | 3.12 ± 0.42 a |
| F4          | 0.26 ± 0.00 b     | 2.42 ± 0.03 a |

F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial. Los valores representan la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza del 95 %.

Los totopos al tener una actividad de agua y una humedad baja favorecen la conservación de estos durante un mayor tiempo ya que no permite la proliferación de microorganismos siendo un producto seguro para su almacenamiento prolongado, siendo una opción segura para el consumidor.

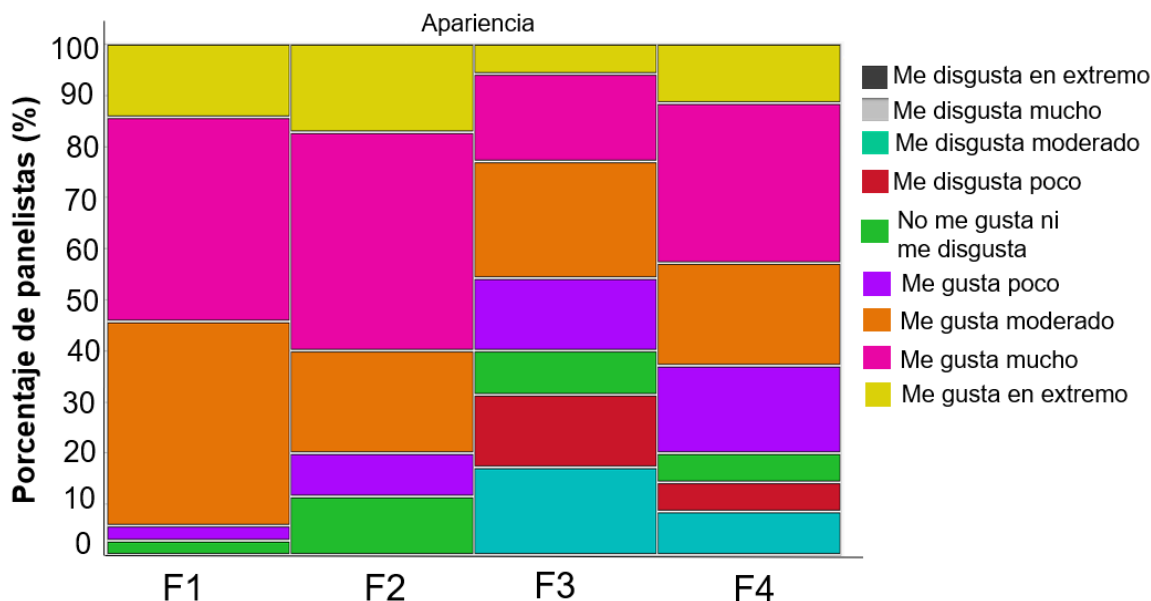
## 6.7 Evaluación Sensorial de los totopos

### 6.7.1 Evaluación hedónica

Como se mencionó anteriormente, una de las técnicas para evaluar el agrado general de un producto son las evaluaciones sensoriales, las cuales permiten analizar atributos a través de los sentidos humanos (Świąder & Marczewska, 2021). Para la evaluación sensorial de los totopos elaboradas con harina de maíz nixtamalizado, proteína de chícharo y almidón alto en amilosa, después de codificar las formulaciones con números aleatorios, se evaluó la apariencia, el color, el sabor, la textura y la aceptabilidad general. En los gráficos de color (Figuras 7 a 12) se pueden observar las calificaciones de los diferentes parámetros, desde me disgusta en extremo a me gusta en extremo según el agrado de los panelistas.

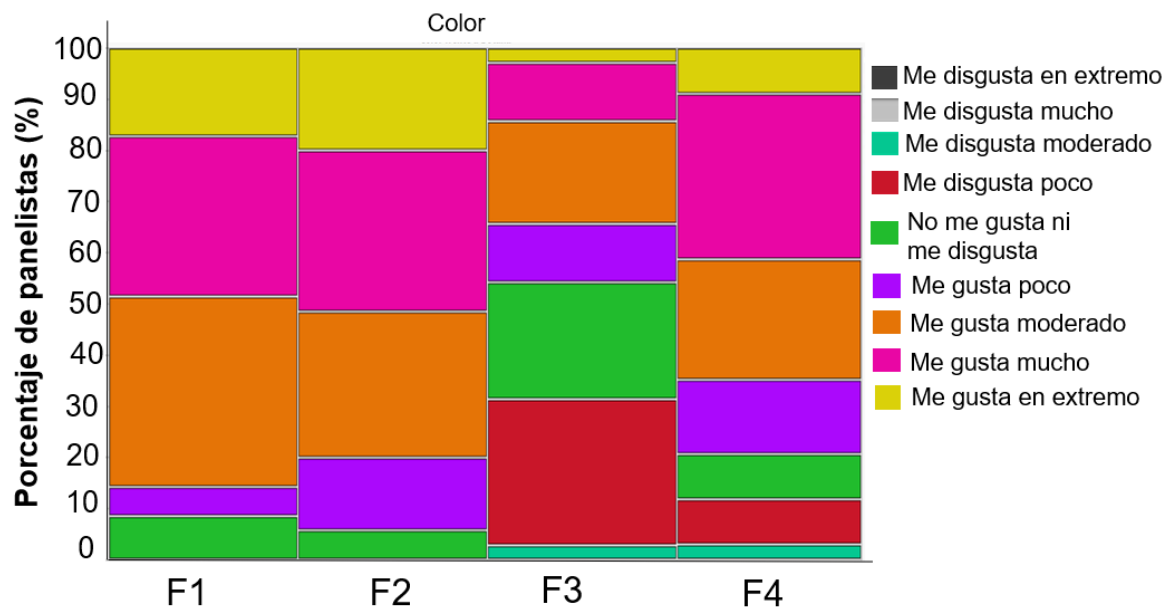
La apariencia es el primer atributo que observan los panelistas al consumir un alimento. En este sentido se puede observar que para el totopo de maíz el 94.3 % de los panelistas calificaron con “me gusta moderado”. Para el totopo F2, el 80 % lo calificaron con “me gusta moderado”, mientras que el totopo F3 obtuvo una aceptación del 45.7 %, por su parte el totopo F4 alcanzó 62.8 % (Figura 7). La

inclusión de proteínas de chícharo y de almidón alto en amilosa produjo un color claro, y los panelistas lo asociaron a un producto crudo.



**Figura 7.** Apariencia de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

En cuanto al color, se puede observar que el 85.6 % de los panelistas indicó “me gusta moderado” para el totopo F1; mientras que, para el totopo F2 la aceptación fue del 80 %. Esto indica que estas dos formulaciones fueron las que obtuvieron mejor calificación en color según los panelistas. Por otro lado, la aceptación del totopo F3, así como del totopo F4, fue del 34.3 % y 64.7 %, respectivamente (Figura 8). La preferencia por el totopo F1 y el F2 se atribuye principalmente al color dorado que ambos presentaban. La baja aceptación del totopo F3 se debe al color pálido que los consumidores relacionan con falta de cocción, aunque se encontraba totalmente cocido.



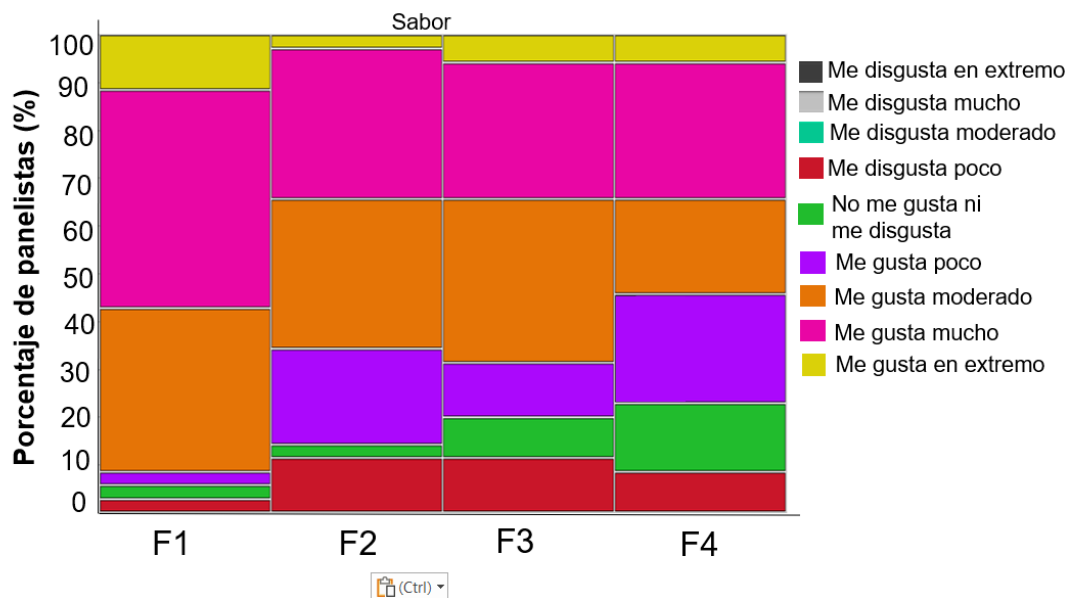
**Figura 8.** Color de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

En cuanto al sabor de los totopos, se puede observar que el totopo F1, el totopo F2, el totopo F3 y el totopo F4 tienen un 91.4 %, 65.7 %, 68.6 % y 54.3 % de los panelistas con evaluación de un mínimo “me gusta moderado” (Figura 9). Se puede observar que el sabor del totopo F1 es el más aceptado, lo que se puede relacionar con el consumo que tiene la población mexicana. La adición de la proteína de chícharo dejó un sabor característico al mismo. Es destacar que el sabor del totopo F1 y el F2 de la presente investigación fueron mejor evaluados en cuanto al sabor que el totopo F4.

En este sentido, el sabor de los aislados de proteína se ha reportado como sabores “terrosos” y “parecido al heno” que pueden ser considerados como desagradables. Sin embargo, en este estudio el sabor de los totopos con la inclusión de este ingrediente no se vio afectada significativamente cuando se incluyó la mayor proporción de este ingrediente. Asimismo, se ha reportado también que los compuestos químicos asociados a estos sabores son principalmente aldehídos, principalmente, el isovaleraldehído (Matysek et al., 2024). Para el almidón alto en



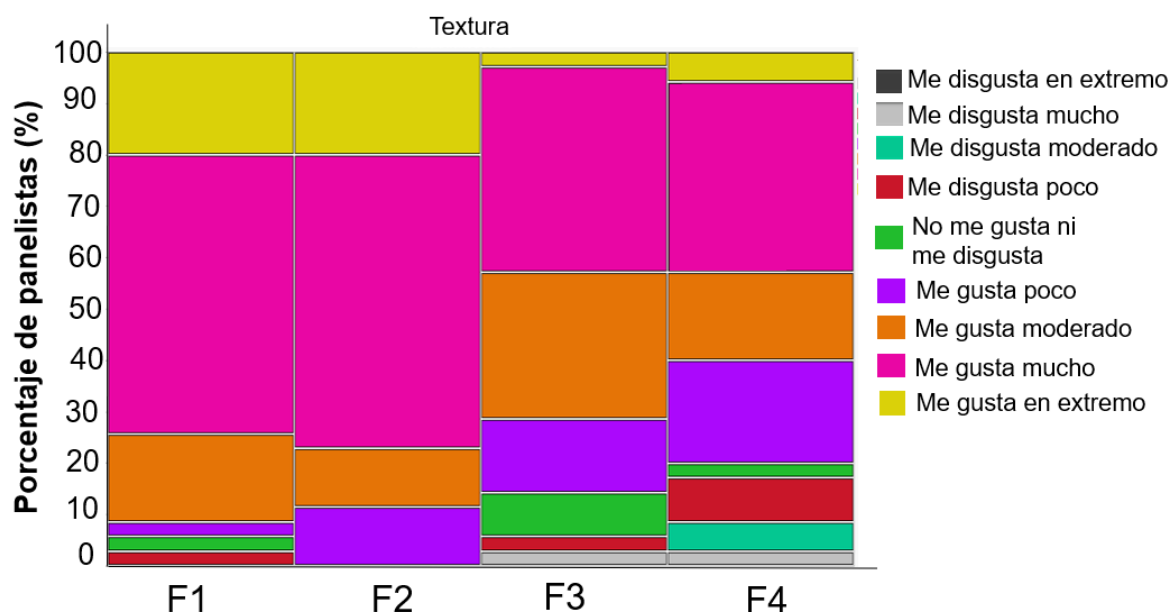
amilosa se ha reportado que tiene un sabor suave y que al formar complejos con otros ingredientes puede disminuir la percepción del sabor disminuyendo así este parámetro (Faisal et al., 2022; Zhong et al., 2023). En este trabajo no se afectó de manera significativa el sabor del totopo lo cual no es motivo de rechazo. Adicionalmente, en algunos comentarios se recomendó que se pudieran agregar más sal o algún saborizante que pudiera mejorar este parámetro. En este sentido, se recomienda el uso de algún saborizante para mejorar el parámetro del sabor del totopo F3 influyendo así también en la apariencia y color que el totopo pueda obtener mejorando así posiblemente la percepción del panelista de que le faltaba cocción al totopo.



**Figura 9.** Sabor de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

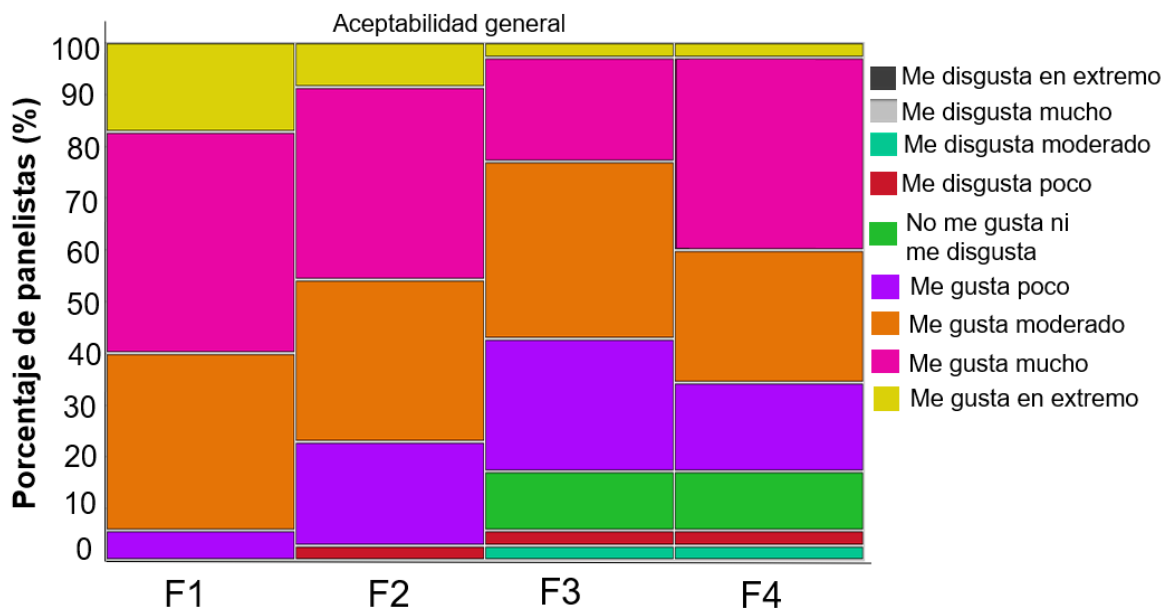
En cuanto a la textura de los totopos, los totopos F1, F2, F3 y F4 tienen un 91.4 %, 88.5 %, 71.5 % y 59.9 % de los panelistas con una evaluación mínima de “me gusta moderado” (Figura 10). Es importante resaltar que la dureza determinada en el texturómetro indicaba que el totopo F2 presentaba la menor dureza y los otros 3 totopos restantes presentaron valores similares. Por lo tanto, la menor aceptabilidad de textura el totopo F3 pudiera también estar relacionado con la

apariciencia (falta de color del producto) que pudo influir en la percepción de los panelistas con una textura menos crujiente.



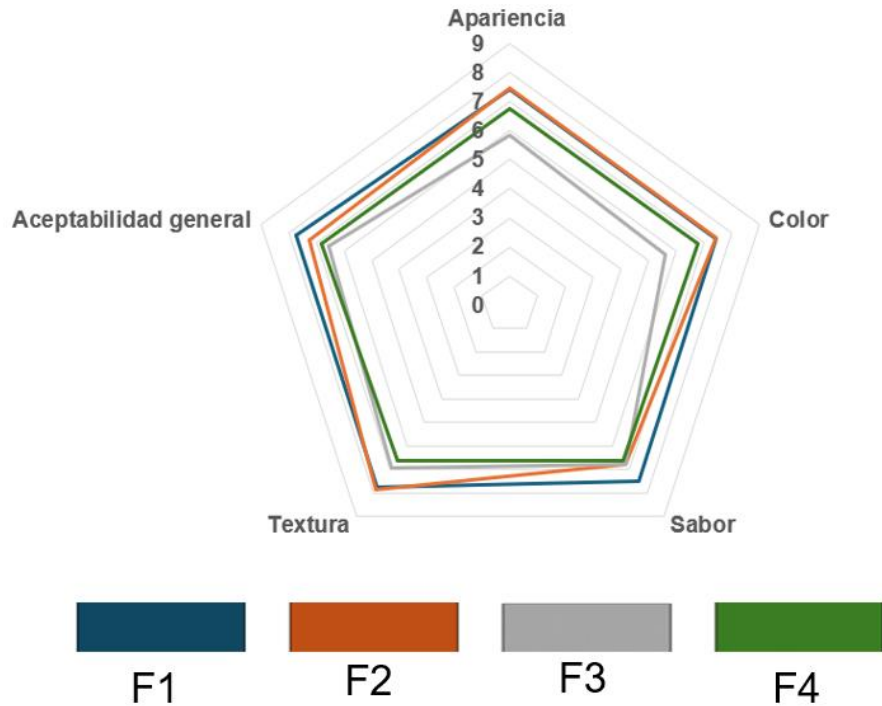
**Figura 10.** Textura de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

En cuanto a la aceptabilidad general de las botanas los totopos F1, F2, F3 y F4 presentaron un 94.3 %, 77.1 %, 57.2 % y 65.7 % valor de “me gusta moderado” (Figura 11). Siendo los totopos más aceptados sensorialmente el totopo F1 y el totopo F2, posteriormente el totopo más aceptado fue el totopo F4 seguido del totopo F3.



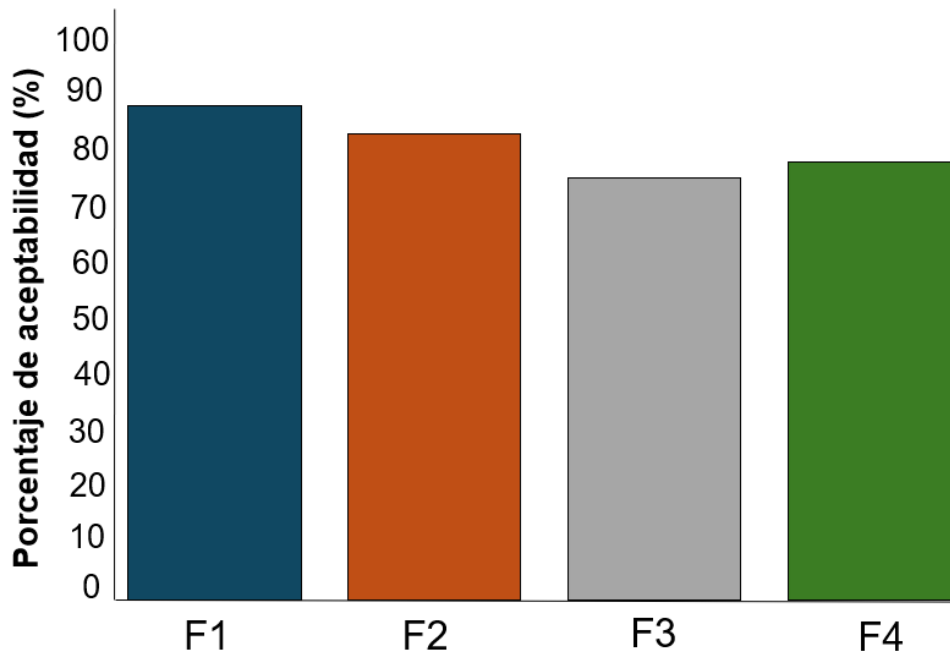
**Figura 11.** Valoración de aceptabilidad general de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

La Figura 12 muestra la integración de los valores promedios de los 5 parámetros evaluados en la evaluación sensorial. La apariencia, el color, la textura y el sabor fueron previamente discutidos y se encontraron en un rango de 5.9 a 7.5, 5.6 a 7.5, 6.6 a 7.9, 6.6 a 7.5, respectivamente. Con relación a la aceptabilidad general de los totopos desarrollados en la presente investigación se obtuvieron valores de 7.7, 7.3, 6.6 y 6.8 para los totopos F1, F2, F3 y el F4, respectivamente. Los totopos elaborados pudieran ser mejorados incluyendo algún saborizante o aditivo que le dé una coloración más dorada o un sabor que acepte la población para mejorar la aceptabilidad general de los totopos



**Figura 12.** Valores promedio de la evaluación sensorial de los totopos desarrolladas de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

En la Figura 13 se presenta el índice de aceptabilidad de los totopos, donde se observa que las formulaciones de totopos F1 y el F2 obtuvieron valores mínimos de 80 % (este parámetro se calcula con la valoración promedio de los panelistas entre 9 multiplicado por 100, lo cual permite obtener un porcentaje de aceptabilidad de los productos) (Ramos, 2019), por lo que se puede considerar que estas dos formulaciones son aceptadas sensorialmente. Los totopos F1, F2, F3 y F4 tienen porcentajes de aceptabilidad de 85.7 %, 80.6 %, 73.0 % y 75.9 %, respectivamente. La alta aceptabilidad del totopo F1 y el F2 puede deberse a una textura crujiente agradable para el paladar de los panelistas y al sabor de maíz que tenían los totopos que fueron los parámetros que mejor se calificaron en la evaluación sensorial. Se puede observar que el producto más aceptado de acuerdo con este criterio es el totopo F1 seguido del F2.



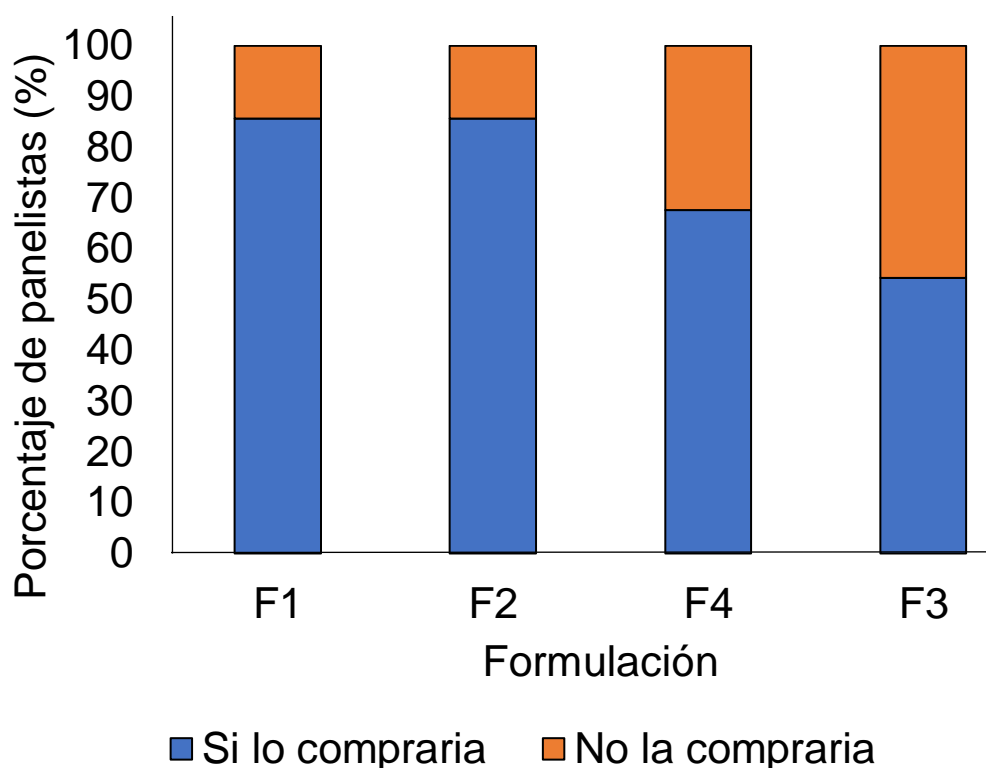
**Figura 13.** Índice de aceptabilidad de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

### 6.7.2 Evaluación de intención de compra.

Posteriormente a que los panelistas probaran todas las formulaciones se les solicitó que tomaran una decisión de si comprarían o no el producto en base a su experiencia en la evaluación sensorial hedónica si el producto se encontrara en una tienda cercana. En relación con la intención de compra de los totopos. El totopo F1 lo compraría el 85.71 % de los consumidores y el 14.29 % no lo compraría, el totopo F2 el 85.71 % lo compraría y el 14.29 % no lo compraría, el totopo F3 el 54.29 % lo compraría y el 45.71 % no lo compraría, el totopo F4 el 67.65 % si lo compraría y 32.35 % no lo compraría (Figura 14).

En este sentido como opción de mercado el totopo F2 es una formulación que pudieran ser comercializada. Es importante recalcar que el totopo F2 es una botana alta en proteína de acuerdo con la legislación y es un mejor complemento de aminoácidos que la formulación de maíz ya que se utilizó proteína de

leguminosas que permite un complemento de aminoácidos esenciales (Konieczny *et al.*, 2020). Para el totopo F3 al menos el 54.29 % de los evaluadores lo compraría y tiene un índice de aceptabilidad del 73.0 %, siendo esto importante para considerar que si hay panelistas que les gustó dicha formulación. Sin embargo, es necesario mejorar los parámetros sensoriales de apariencia, color y olor de este totopo para poder obtener una botana alta en proteína, alta en fibra dietética y con mejor aceptación sensorial y una mayor intención de compra.



**Figura 14.** Intención de compra de los totopos desarrollados de harina de maíz nixtamalizada, aislado de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa. F1: 98.5 % maíz, 0.5 % CMC y 1 % sal; F2: 59.1 % maíz, 39.4 % proteína de chícharo, 0.5 CMC y 1 % sal; F3: 47 % maíz, 32.5 % almidón alto en amilosa, 19 % proteína de chícharo, 0.5 % CMC y 1 % sal; F4: totopo comercial.

En este sentido, se puede considerar, en relación con el objetivo de la presente investigación, que se desarrolló un totopo de harina de maíz con proteína de chícharo que fue bien aceptado sensorialmente y presenta características nutricionales superiores a las de un totopo de maíz convencional. Adicionalmente, se desarrolló un totopo con alto contenido de proteínas y fibra dietética que también

fue aceptado sensorialmente; sin embargo, es necesario mejorar los parámetros de color y sabor para incrementar la aceptabilidad general y que este producto pueda convertirse en una opción viable en el mercado de las botanas.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se elaboraron botanas tipo totopo con alto contenido de proteína y fibra con mayor contenido de proteínas y fibra por el uso de proteína de chícharo y almidón alto en amilosa respecto a un totopo de harina de maíz nixtamalizado.

Al incluir almidón alto en amilosa y aislado de proteína para la elaboración del totopo, se vio afectada su aceptabilidad ligeramente. Sin embargo, al incorporar únicamente el aislado de proteína de chícharo, se obtuvo un totopo con un contenido proteico del 34 % de las calorías totales provenientes de proteínas y esta fue muy bien aceptada sensorialmente al comparar con el totopo comercial. Por lo tanto, la adición del almidón afecta la aceptabilidad de las botanas, aunque no es un factor de rechazo y es aceptado de manera similar al totopo comercial. Siendo estos totopos elaborados en la presente investigación una alternativa a los totopos comerciales.

Una de las limitaciones de la presente investigación fue que a mayor concentración del almidón alto en amilosa se incluía, más quebradizo se volvía el totopo, por lo que no se pudo incluir una mayor concentración del almidón permitiendo obtener una mayor concentración de fibra.

La adición de proteínas de chícharo mejora la digestibilidad de las proteínas comparado con la botana de maíz por la eliminación de factores antinutricios durante la obtención los aislados de proteína. Por lo tanto, esta botana no solamente presenta un mayor contenido de proteínas, podría tener una mayor biodisponibilidad de sus aminoácidos.

La botana de maíz nixtamalizada adicionada con el aislado de proteínas de chícharo es una opción para el mercado de las botanas, en este sentido la adición de proteína de chícharo mejora las características nutricionales de una botana de maíz y este totopo mostró buena preferencia e intención de compra por parte de los consumidores evaluados.



## VIII. REFERENCIAS

- AACC. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). Minneapolis, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Acosta-Estrada, B. A., Serna-Saldívar, S. O., & Chuck-Hernández, C. (2023). Quality assessment of maize tortillas produced from landraces and high yield hybrids and varieties. *Frontiers in Nutrition*, *10*, 1105619.
- Agrahar-Murugkar, Dipika, Aiman Zaidi, and Shraddha Dwivedi. "Quality of nixtamalized, sprouted and baked multigrain chips." *Nutrition & Food Science* 48.3 (2018): 453-467.
- Aguilar, A. (2021, 23 de agosto). Pandemia y etiquetado no hicieron ni cosquillas a las botanas en México. Recuperado el 17 de marzo del 2023, de: <https://goula.lat/pandemia-y-etiquetado-no-hicieron-ni-cosquillas-a-las-botanas-en-mexico/>
- AOAC. (1990). Official Method of Analysis (15th ed.). Washington DC, USA: Association of Official Analytical Chemists,
- Arp, C. G., Jimena, C. M., & Ferrero, C. (2021). Resistant starches: a smart alternative for the development of functional breads and other starch-based foods. *Food hydrocolloids*, *121*, 106949.
- Artavia, G., Arias-Álvarez, C., Cortés-Herrera, C., & Granados-Chinchilla, F. (2022). Physicochemical and sensory assessment of partial corn substitutions with carotenoid-containing non-traditional flours during tortilla preparation. *Cogent Food & Agriculture*, *8*(1), 2122273.
- Beeckmans, T. (2018). Compressed air and microorganism growth. *Food and beverage-Pharma*.
- Bello-Perez, L. A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., & Gonzalez-Soto, R. A. (2016). Functional and beneficial properties of corn tortilla. En K. Kristbergsson, & S. Ötles, *Functional properties of traditional food* (págs. 139-155). Springer.
- Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-enriched oat biscuit: Technological analysis and sensory evaluation. *Foods*, *9*(11), 1561.
- Bon-Padilla, B. K., Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., Reynoso-Camacho, R., Gómez-Aldapa, C. A., Gómez-Favela, M. A., & Gutiérrez-Dorado, R. (2022). Tortillas made from nixtamalized maize and extruded chickpea flours: a product with improved in vitro nutritional and antihypertensive properties. *Cereal Chemistry*, *99*(5), 1154-1165.

Bresciani, A., Giordano, D., Vanara, F., Blandino, M., & Marti, A. (2021). The effect of the amylose content and milling fractions on the physico-chemical features of co-extruded snacks from corn. *Food Chemistry*, 343, 128503.

Carvalho, C.W.P., Takeiti, C.Y., Onwulata, C.I., & Pordesimo, L.O. (2010). Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: Effect of particle size on the extrusion of corn meal. *J. Food Eng.* 98, 103–109.

Chan-Chan, M., Moguel-Ordóñez, Y., Gallegos-Tintoré, S., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2021). Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México. *Biocencia*, 23(2), 11-21.

Cheng, K., Leong, K., & Chan, S. (2022). Cricket as an alternative source of protein in the development of nutritious baked chips. *Food Res*, 6, 74-82.

Chen, L., & Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods—A review. *Journal of food Engineering*, 119(3), 497-507.

Colussi, R., Kaur, L., Zavareze, E. da R., Dias, A.R.G., Stewart, R.B., & Singh, J. (2017). High pressure processing and retrogradation of potato starch: Influence on functional properties and gastro-small intestinal digestion in vitro. *Food Hydrocoll.* 75, 131–137.

Contreras Jiménez, B., Oseguera Toledo, M. E., Garcia Mier, L., Martínez Bravo, R., González Gutiérrez, C. A., Curiel Ayala, F., & Rodríguez-García, M. E. (2020). Physicochemical study of nixtamalized corn masa and tortillas fortified with “chapulin”(grasshopper, *Sphenarium purpurascens*) flour. *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 527-534.

Cozzolino, D. 2016. The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. *J. Cereal Sci.* 70:282–290.

Cui, L., Bandillo, N., Wang, Y., Ohm, J. B., Chen, B., & Rao, J. (2020). Functionality and structure of yellow pea protein isolate as affected by cultivars and extraction pH. *Food Hydrocolloids*, 108, 106008.

Daba, S. D., & Morris, C. F. (2021). Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties. *Cereal chemistry*, 99(1), 8-20.

Diario Oficial de la Unión Europea (2006, 20 de diciembre). Reglamento (CE) N° 1924/2006 del parlamento europeo y del consejo. Recuperado el 20 de mayo del 2023, de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1924>

Domínguez-Hernández, E., Gutiérrez-Uribe, J. A., Domínguez-Hernández, M. E., Loarca-Piña, G. F., & Gaytán-Martínez, M. (2023). In search of better snacks: ohmic-heating nixtamalized flour and amaranth addition increase the nutraceutical and

nutritional potential of vegetable-enriched tortilla chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(6), 2773-2785.

Emergen Research (2022, 22 de septiembre). Protein snacks market by product type (protein bars, protein cookies, protein flakes), by sales channel (E-commerce, hypermarket/supermarkets, convenience stores, specialty stores), and by region forecast to 2030. Recuperado el 20 de mayo del 2023, de: <https://www.emergenresearch.com/industry-report/protein-snacks-market>

Enríquez-Castro, C. M., Torres-Chávez, P. I., Ramírez-Wong, B., Quintero-Ramos, A., Ledesma-Osuna, A. I., López-Cervantes, J., & Gerardo-Rodríguez, J. E. (2020). Physicochemical, rheological, and morphological characteristics of products from traditional and extrusion nixtamalization processes and their relation to starch. *International Journal of Food Science*, 2020(1), 5927670.

Faisal, M., Kou, T., Zhong, Y., & Blennow, A. (2022). High amylose-based bio composites: Structures, functions and applications. *Polymers*, 14(6), 1235.

Gao, Z., Shen, P., Lan, Y., Cui, L., Ohm, J. B., Chen, B., & Rao, J. (2020). Effect of alkaline extraction pH on structure properties, solubility, and beany flavor of yellow pea protein isolate. *Food Research International*, 131, 109045.

García-Lara, S., & Serna-Saldivar, S. O. (2018). Corn history and culture. En S. O. Serna-Saldivar, *Corn chemistry and technology* (págs. 1-18). AACC international press.

García-Segovia, P., Igual, M., Noguero, A. T., & Martínez-Monzó, J. (2020). Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. *European food research and technology*, 246(4), 703-712.

García-Valle, D. E., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., & Alvarez-Ramirez, J. (2021). Structural characteristics and in vitro starch digestibility of pasta made with durum wheat semolina and chickpea flour. *Lwt*, 145, 111347.

González-Castell, D., González-Cossío, T., Barquera, S., & Rivera, J. A. (2007). Alimentos industrializados en la dieta de los preescolares mexicanos. *Salud pública de México*, 49(5), 345-356.

Gwirtz, J. A., & García-Casal, M. N. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the new york academy of sciences*, 1312(1), 66-75.

Hamaker, B. R., Tuncil, Y. E., & Shen, X. (2018). Carbohydrates of the kernel. En S. O. Serna-Saldivar, *Corn chemistry and technology* (págs. 305-318). AACC international press.

Hess, J. M., Jonnalagadda, S. S., & Slavin, J. L. (2016). What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of

snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances in nutrition*, 7(3), 466-475.

Hsu, H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L., & Miller, G. A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of food science*, 42(5), 1269-1273.

Ijabadeniyi, O. A., & Pillay, Y. (2017). Microbial safety of low water activity foods: study of simulated and durban household samples. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 4931521.

Ioniță-Mîndrican, C. B., Ziani, K., Mititelu, M., Oprea, E., Neacșu, S. M., Moroșan, E., ... & Negrei, C. (2022). Therapeutic benefits and dietary restrictions of fiber intake: A state of the art review. *Nutrients*, 14(13), 2641.

Iribe-Salazar, R., Gutiérrez-Dorado, R., Ríos-Iribe, É., Carrasco-Escalante, M., Vázquez-López, Y., Hernández-Calderón, Ó., & Caro-Corrales, J. (2018). Modeling of effective moisture diffusivity in corn tortilla baking. *Journal of food science*, 83(8), 2167-2175.

Jackson, D.S (Ed.). (2003). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second edition). Academic Press.

Jiang, H., Hettiararchy, N. S., & Horax, R. (2018). Physical properties and estimated glycemic index of protein-enriched sorghum based chips. *Journal of food science and technology*, 55, 891-898.

Kayacier, A., & Singh, R. K. (2003). Textural properties of baked tortilla chips. *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 463-466.

Kelekci, N.N., Pascut, S., & Waniska, R.D. (2003). The effects of storage temperature on the staling of wheat flour tortillas. *J. Cereal Sci.* 37, 377– 380.

Khaturia, D., Gautam, S., & Sharma, K. D. (2019). Utilization and health benefits of modified starch: A review. *International Journal of current agricultural sciences*, 9(01), 347-358.

Konieczny, D., Stone, A. K., Nosworthy, M. G., House, J. D., Korber, D. R., Nickerson, M. T., & Tanaka, T. (2020). Nutritional properties of pea protein-enriched flour treated with different proteases to varying degrees of hydrolysis. *Cereal Chemistry*, 97(2), 429-440.

Kytö, E., Virtanen, M., & Mustonen, S. (2019). From intention to action: Predicting purchase behavior with consumers' product expectations and perceptions, and their individual properties. *Food quality and preference*, 75, 1-9.

López-Martínez, A., Azuara-Pugliese, V., Sánchez-Macias, A., Sosa-Mendoza, G., Dibildox-Alvarado, E., & Grajales-Lagunes, A. (2019). High protein and low-fat chips (snack) made out of a legume mixture. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 661-668.

Machado-Velarde, L. X., Dávila-Vega, J. P., Gutiérrez-Urbe, J., Espinosa-Ramírez, J., Martínez-Ávila, M., Guajardo-Flores, D., & Chuck-Hernández, C. (2023). Black Bean Hulls as a Byproduct of an Extraction Process to Enhance Nutraceutical and Glycemic-Related Properties of Nixtamalized Maize Tostadas. *Foods*, 12(9), 1915.

Maldo De Paula, A., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of food engineering*, 121, 9-14.

Martínez Espinosa, A. (2017). La consolidación del ambiente obesogénico en México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 27 (50).

Martínez Guardia, M., Palacios Palacios, I., & Medina Arroyo, H. H. (2016). Composición química del grano de maíz (*Zea mays*) Chococito del minucipio de Quibdó, Chocó, Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 7(1).

Matysek, J., Baier, A., Kalla-Bertholdt, A. M., Grebenteuch, S., Rohn, S., & Rauh, C. (2024). Effect of ultrasound and fibre enrichment on aroma profile and texture characteristics of pea protein-based yoghurt alternatives. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 93, 103610.

Mayo-Mayo, G., Navarrete-García, A., Maldonado-Astudillo, Y. I., Jiménez-Hernández, J., Santiago-Ramos, D., Arámbula-Villa, G., ... & Salazar, R. (2020). Addition of roselle and mango peel powder in tortilla chips: a strategy for increasing their functionality. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1511-1519.

Ménera-López, I., Gaytán-Martínez, M., Reyes-Vega, M.L., Morales-Sánchez, E., & Figueroa, J.D.C. (2013). Physico-chemical properties and quality assessment of corn flour processed by a continuous ohmic heating system and traditional nixtamalization. *CyTA - J. Food* 11, 8–14.

Mohamed, A. A. (2020). Applications of native and modified corn starch (a review). *Journal of the saudi society for food and nutrition*, 13(1), 24-32.

Murillo, J. R. L., Dorado, R. G., Camacho, R. R., Carrillo, J. M., Sánchez, J. X. K. P., Rodríguez, E. O. C., & Moreno, C. R. (2021). Tortillas made with extruded flours of blue maize and chia seeds as an nutritious and nutraceutical food option. *Agrociencia*, 55(6), 487-506.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Recuperado el 20 de marzo del 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0)

Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Recuperado el 8

de mayo del 2023, de:  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4883170&fecha=16/10/1995](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883170&fecha=16/10/1995)

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Recuperado el 20 de marzo del 2023, de:

[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0)

Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. Recuperado el 20 de marzo del 2023, de:  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0)

Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. Recuperado el 10 de mayo del 2023, de:  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0)

Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Recuperado el 10 de mayo del 2023, de: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>

Obadi, M., Qi, Y., & Xu, B. (2023). High-amylose maize starch: Structure, properties, modifications and industrial applications. *Carbohydrate Polymers*, 299, 120185.

Ochoa-Martínez, L. A., Castillo-Vázquez, K., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Morales-Castro, J., & Gallegos-Infante, J. A. (2016). Quality evaluation of tortilla chips made with corn meal dough and cooked bean flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1136017.

Patil, S. S., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2016). The effects of fortification of legumes and extrusion on the protein digestibility of wheat based snack. *Foods*, 5(2), 26.

Petchoo, J., Jittinandana, S., Tuntipopipat, S., Ngampeerapong, C., & Tangsuphoom, N. (2021). Effect of partial substitution of wheat flour with resistant starch on physicochemical, sensorial and nutritional properties of breadsticks. *International journal of food science & technology*, 56(4), 1750-1758.

Qayyum, M. M. N., M. S. Butt, F. M. Anjum, and H. Nawaz. "Composition analysis of some selected legumes for protein isolates recovery." (2012): 1156-1162.

Raigond, P., Ezekiel, R., & Raigond, B. (2015). Resistant starch in food: a review. *Journal of the the science of food and agriculture*, 95(10). 1968-1978.

- Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Loarca-Piña, G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT*, 89, 674-680.
- Ramos, J. S., Martins, M. D. C. D. C., Lima, A. D., Tapety, F. I., & Almeida, C. A. P. L. (2019). Nutritional composition and acceptance of cake elaborated with Beauregard potato biofortified with carotenoids. *Biosci. j.(Online)*, 949-956.
- Rani, A., & Sood, S. (2020). Development and quality evaluation of Pancakes prepared by utilizing Field Pea (*Pisum sativum* var. *arvense*) grown in Himachal Pradesh. *IJCS*, 8(6), 2597-2600.
- Rasskazova, I., & Kirse-Ozolina, A. (2020). Field pea *Pisum sativum* L. as a perspective ingredient for vegan foods: A review. *Research for Rural Development*, 35, 125-131.
- Rincón-Londoño, N., Vega-Rojas, L.J., Contreras-Padilla, M., Acosta-Osorio, A.A., & Rodríguez-García, M.E. (2016). Analysis of the pasting profile in corn starch: Structural, morphological, and thermal transformations, Part I. *Int. J. Biol. Macromol.* 91, 106–114
- Rodríguez, A. (23 de mayo de 2022). Mexicanos 'le entran a las papitas' Venta de botanas crece 4.7% en 2021. Recuperado el 20 de marzo del 2023, de: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2022/05/23/mexicanos-le-entran-a-las-papitas-venta-de-botanas-crece-47-en-2021/>
- Rojhani, A., Naranjo, J., & Ouyang, P. (2022). Physicochemical properties and sensory characteristics of resistant starch enriched cookies. *Nutrition & food science*, 52(5), 791-800.
- Rustagi, S. (2020). Food texture and its perception, acceptance and evaluation. *Biosciences biotechnology research asia*, 17(3), 651-658.
- Santos-Hernández, M., Alfieri, F., Gallo, V., Miralles, B., Masi, P., Romano, A., ... & Recio, I. (2020). Compared digestibility of plant protein isolates by using the INFOGEST digestion protocol. *Food Research International*, 137, 109708.
- Serna-Saldivar, S. O., & Perez Carrillo, E. (2019). Food uses of whole corn and dry-milled fractions. En S. O. Serna-Saldivar, *Corn* (págs. 435-467). AACC international press.
- Serna-Saldivar, S. O., Gutiérrez-Urbe, J. A., & García-Lara, S. (2015). Phytochemical profiles and nutraceutical properties of corn and wheat tortillas. En L. Rooney, & S. O. Serna-Saldivar, *Tortillas wheat flour and corn products* (págs. 65-96). AACC international Press.
- Serna-Saldivar, S. O. (2021). Understanding the functionality and manufacturing of nixtamalized maize products. *Journal of Cereal Science*, 99, 103205.

- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354.
- Stone, H., & Sidel, J.L. (2004). Affective testing. En H. Stone, & J.L. Sidel, *Sensory evaluation practices* (págs. 247-277). Academic Press.
- Świąder, K., & Marczewska, M. (2021). Trends of using sensory evaluation in new product development in the food industry in countries that belong to the EIT regional innovation scheme. *Foods*, 10(2), 446.
- Tas, A., & Ayten, A. (2023). Comparison of the Resistant Starch Content and Physical Properties of Extruded Pea Flour-Based Snacks Enriched with Protein and Dietary Fibre. *Acta Scientific nutritional health* (ISSN: 2582-1423), 7(12)
- Urango, L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Fondo editorial biogénesis*, 185-209.
- Vasisht, R., Yadav, R. B., & Yadav, B. S. (2024). Effect of pomegranate peel on physicochemical and antioxidant properties of tortilla chips prepared from germinated corn and mung bean flour. *Future Foods*, 9, 100363.
- Villada, J.A., Sánchez-Sinencio, F., Zelaya-Ángel, O., Gutiérrez-Cortez, E., & Rodríguez-García, M.E. (2017). Study of the morphological, structural, thermal, and pasting corn transformation during the traditional nixtamalization process: From corn to tortilla. *J. Food Eng.* 212, 242–251.
- Vega Rojas, L.J., Rojas Molina, I., Gutiérrez Cortez, E., Rincón Londoño, N., & Acosta Osorio, A.A., Del Real López, A., and Rodríguez García, M.E. (2017). Physicochemical properties of nixtamalized corn flours with and without germ. *Food Chem.* 220, 490–497.
- Walsh, S. K., Lucey, A., Walter, J., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2022). Resistant starch- An accesible fiber ingredient acceptable to the western palate. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(3), 2930-2955.
- Wu, D. T., Li, W. X., Wan, J. J., Hu, Y. C., Gan, R. Y., & Zou, L. (2023). A comprehensive review of pea (*Pisum sativum* L.): chemical composition, processing, health benefits, and food applications. *Foods*, 12(13), 2527.
- Xu, J., Li, Y., & Wang, W. (2019). Corn. En J. Wang, B. Sun, & R. Tsao, *Bioactive factors and processing technology for foods* (págs. 33-53). Springer Nature Singapore.
- Yu, J.-K., & Moon, Y.-S. (2021). Corn starch: quality and quantity improvement for industrial uses. *Plants*, 11(1), 92.
- Zepeda-Ruiz, G. C., Domínguez-Avila, J. A., Ayala-Zavala, J. F., Robles-Sánchez, M., Salazar-López, N. J., López-Díaz, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2020).



Supplementing corn chips with mango cv.“Ataulfo” peel improves their sensory acceptability and phenolic profile, and decreases in vitro dialyzed glucose. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), e14954.

Zhang, X., Chen, Y., Zhang, R., Zhong, Y., Luo, Y., Xu, S., ... & Guo, D. (2016). Effects of extrusion treatment on physicochemical properties and in vitro digestion of pregelatinized high amylose maize flour. *Journal of Cereal Science*, 68, 108-115.

Zhong, Y., Tai, L., Blennow, A., Ding, L., Herburger, K., Qu, J., ... & Liu, X. (2023). High-amylose starch: Structure, functionality and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(27), 8568-8590.

Žilić, S., Nikolic, V., Mogol, B. A., Hamzaloğlu, A., Tas, N., Kocadağlı, T., . . . Gökmen, V. (2022). Acrylamide in Corn-Based Thermally Processed Foods: A Review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 70(14), 4165-4181.

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Formato de aprobación por el comité de bioética



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE QUÍMICA

C.U., Querétaro, julio 24, 2024  
No. de oficio. CBQ23/066c

**Dra. Rosalía Reynoso Camacho**  
Investigadora responsable

**Ricardo Andrés Segovia Ochoa**  
Estudiante responsable

**Dr. Mario Rodríguez García**  
**Dra. Marcela Gaytán Martínez**  
**Dra. Ma. Estela Vázquez Barrios**  
**Dra. Iza Fernanda Pérez Ramírez**  
Colaboradores

El protocolo de investigación titulado "**Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética**" sometido a evaluación por parte del Comité de Bioética de la Facultad de Química involucra la **participación de sujetos humanos**. Las características del diseño del protocolo de investigación son resumidas a continuación:

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Tipo de estudio</b>        | Intervención (análisis sensorial con panelistas no entrenados)   |
| <b>Población de estudio</b>   | Adultos de 18 a 55 años miembros de la comunidad de la UAQ que no presenten algún tipo de alergia a los ingredientes de la formulación, que no tengan alguna enfermedad en tratamiento farmacológico que altere su percepción sensorial, que no estén embarazadas en lactancia, que no tengan alguna discapacidad mental |
| <b>Tamaño de muestra</b>      | 50 individuos  |
| <b>Reclutamiento</b>          | En la UAQ mediante carteles  |
| <b>Aviso de reclutamiento</b> | Incluido   |
| <b>Tipo de intervención</b>   | Alimentaria (botana a base de proteínas de chícharo)   |



Centro Universitario, Cerro de las Campanas, Santiago de Querétaro, Qro., México · C.P. 76010  
Tel. 01 (442) 192 12 67 Fax: 192 13 02



|   |   |
|---|---|
| Duración del estudio                    | 10 min  |
| VARIABLES DE MEDICIÓN                   | Cuestionario de evaluación hedónica de nueve puntos |
| Manejo de RPBI                          | No aplica   |
| Toma de muestra biológica               | No aplica   |
| Personal capacitado para valoraciones   | No aplica   |
| Riesgos a los participantes             | Mínimo  |
| Atención médica                         | Su Salud-UAQ  |
| Consentimiento informado                | Incluido  |
| Revocación del consentimiento informado | Incluido  |

Con base en las actividades de responsabilidad para el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro en la revisión de proyectos de investigación con la participación de sujetos humanos (directamente en ensayos clínicos, investigación observacional o por empleo de muestras biológicas), así como del uso de animales de experimentación, le comunicamos que el protocolo de investigación titulado "Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética", del cual Usted es responsable, fue evaluado con una resolución de **aprobado en lo referente a los aspectos bioéticos del proyecto**.

Cabe mencionar que la Dra. Iza Fernanda Pérez Ramírez, miembro del Comité de Bioética de la Facultad de Química, no participó en la evaluación del protocolo de investigación por presentar conflicto de interés. Sin más por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Iza Fernanda Pérez Ramírez  
Presidente  
Comité de Bioética de la Facultad de Química  
Universidad Autónoma de Querétaro



## Anexo 2. Invitación a una prueba sensorial de una botana

El posgrado de la Facultad de Química te invita a participar en una

**Evaluación sensorial hedónica de botanas de maíz, aislado de proteína de chícharo y almidón resistente**

**Requisitos:**

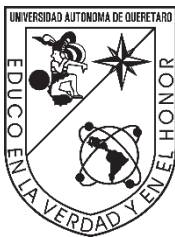
- Edad de 18 a 35 años.
- Gusto por las botanas.
- Sin enfermedades que alteren la percepción sensorial.
- Sin alergias o sospechas de alergias a los ingredientes.
- Sin intolerancia o sospechas de intolerancia a los ingredientes.
- No estar embarazadas o en lactancia.
- No estar en tratamiento farmacológico.

Laboratorio de Análisis Sensorial en el parque biotecnológico (Piso 2)

442 460 7829  
Ricardo Segovia

Estudio aprobado por el Comité de Bioética y el Consejo de Investigación y Posgrado de la Facultad de Química

### **Anexo 3. Consentimiento informado**



## **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

### **Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos,**

### **Facultad de Química**



### **Consentimiento informado**

**Título del proyecto:** “Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética”.

**Lugar donde se realizará el estudio:** Laboratorio de análisis sensorial en el segundo piso del parque biotecnológico de la Facultad de Química en la Universidad Autónoma de Querétaro.

### **INVITACIÓN**

Se realizará una evaluación sensorial donde se enviarán invitaciones a través de redes sociales y de un poster en espacios publicitarios de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro para participar en este estudio de investigación. En los siguientes párrafos se presenta la información más relevante del proyecto de investigación con el fin de que usted comprenda y conozca su alcance. Este proceso se llama consentimiento informado. Le animamos a que realice cualquier pregunta para aclarar sus dudas acerca del estudio. Si después de comprender la investigación, desea participar en ella, se le solicitará que firme el consentimiento informado. Se le entregará una copia firmada y sellada para su uso personal

### **I. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

México es uno de los principales consumidores de maíz en el mundo; teniendo como base de la alimentación el maíz. Sin embargo, se ha incrementado el consumo de alimentos altos en grasas, altos en almidón de rápida absorción y densos en energía que ha desarrollado un incremento en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad.

Uno de los principales problemas de estas botanas son sus altos contenidos de grasas y almidón de rápida absorción que incrementan el riesgo de desarrollar

enfermedades metabólicas no transmisibles. Sin embargo, después de la pandemia y en los últimos años los consumidores se han percatado más de la salud personal y han estado tomado conciencia de su alimentación. Para el caso de las botanas se consideran alimentos poco nutritivos. Sin embargo, son una fuente adecuada para agregar compuestos con beneficios a la salud como fibra y proteína. Por lo cual, la botana producida será una alternativa a las botanas comerciales con un contenido elevado de fibra y proteínas mejorando las propiedades de la botana y aumentando los beneficios a la salud.

## **II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Desarrollar una botana extruida de maíz (*Zea mays* L.) con alto contenido de proteínas y de fibra con aceptabilidad sensorial.

## **III. BENEFICIOS DEL ESTUDIO**

Este estudio ofrecerá información relevante sobre la aceptabilidad sensorial de una botana con sémola de maíz, aislado de proteína de chícharo y almidón resistente, así como la inclinación de los consumidores ante botanas saludables y el desenvolvimiento de nuevos productos como alternativa alimentaria.

## **IV. CRITERIOS DE RECLUTAMIENTO**

El estudio va a abarcar 50 hombres y mujeres en total entre 18 a 55 años de la comunidad de la Universidad Autónoma de Querétaro que consuman botanas. El reclutamiento se realizará mediante invitaciones por redes sociales a las personas ubicadas en los laboratorios de la facultad de Química y alrededores dentro de la facultad de Química, así como de espacios publicitarios de la Facultad de Química. Se va a descartar personas con alguna enfermedad que altere su percepción del sabor. Personas que se encuentren bajo algún tratamiento médico que altere su percepción sensorial. Se va a descartar personas con alergias o sospecha de una posible alergia a los ingredientes de la botana. Se descartará a personas con alguna intolerancia o sospecha de intolerancia a los ingredientes como por ejemplo el gluten.

## **V. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO**

En la evaluación sensorial se presentarán 4 muestras etiquetados por el número de la muestra, serán colocados frente al evaluador de forma aleatoria para ser degustadas en el orden que se tenga en la hoja de evaluación, donde la muestra proporcionada será de aproximadamente 1-3 g donde se les indicará para degustar la muestra y entre cada una de ellas enjuaguen su boca con un poco de agua y un trozo de galleta neutra “habaneras” con el fin de limpiar su paladar, la cual se abrió el día de la evaluación sensorial.

Las muestras serán valoradas en una escala de hedónica, desde me agrada en extremo hasta me disgusta en extremo. Se solicitará que registren sus resultados en cuanto al nivel de aceptabilidad para cada una de las muestras. La evaluación durará aproximadamente 10 minutos.

En una segunda evaluación sensorial se evaluará la intención de compra y la preferencia de la botana mejor calificada hedónicamente con una botana comercial (2 muestras de 1-3 g), la cual se realizará con los mismos requisitos y se les hará llegar nuevamente una invitación. En esta prueba se les indicará para degustar la muestra de botana comercial y la botana desarrollada. Esta prueba durará aproximadamente 5 minutos.

## **VI. RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO**

El producto posee las características de calidad y microbiológicas necesarias para no ocasionar ningún riesgo a la salud y se categoriza como un riesgo mínimo para los participantes. No obstante, si en el tiempo que se está realizando el análisis algún participante exhibe algún malestar será excluido de la evaluación y enviado a los servicios médicos del equipo de su salud ubicado en el edificio 1 de la facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el cual se cubrirán los gastos médicos por parte del equipo de investigación.

## **VII. ACLARACIONES**

- La elección de participar en la evaluación sensorial es completamente voluntaria.

- Se le solicitará firmar un consentimiento informado en caso de querer participar en la evaluación sensorial (se le solicitará firmar uno en cada evaluación sensorial).
- Si decide no aceptar la invitación, no habrá ningún efecto negativo en su contra. Es completamente voluntario y libre de tomar la decisión que considere más adecuada para usted.
- En caso de que decida participar en el estudio, tiene derecho a retirarse en cualquier momento sin tener que dar una explicación. Si durante la degustación decide que ya no desea continuar, puede retirarse en ese momento y su decisión será respetada.
- No obtendrá beneficio económico por su colaboración en el estudio.
- Durante el desarrollo del estudio, usted puede solicitar información actualizada sobre el mismo al investigador responsable incluyendo las pruebas microbiológicas que garantizan la inocuidad del producto y los datos derivados de su participación. Ella estará disponible para aclarar cualquier duda que surja y proporcionar información adicional si es necesario.
- La información que se consiga en este estudio se conservará con estricta confidencialidad por el grupo de investigación.
- Es importante tener en cuenta que cualquier conducta inapropiada o falta de respeto hacia los participantes del estudio o los aplicadores de este no será tolerada. En caso de que se presente una situación de este tipo, se le pedirá que se retire del estudio y no podrá continuar participando en él. Esto se hace para garantizar la seguridad y el bienestar de todos los involucrados en el estudio.

## **VIII. INFORMACIÓN DEL CONTACTO**

Si tiene alguna duda acerca de su participación en el estudio, puede comunicarse con la directora del proyecto la Dra. Rosalía Reynoso Camacho al correo [rrcamachomx@yahoo.com.mx](mailto:rrcamachomx@yahoo.com.mx) o con el estudiante a cargo del estudio Ricardo Andrés Segovia Ochoa al correo [rsegovia22tesis@gmail.com](mailto:rsegovia22tesis@gmail.com). Además, antes de iniciar la evaluación sensorial se le solicitará que indique un número telefónico para

notificar cualquier situación de emergencia asociado con el estudio. Si desea la opinión de otra persona, puede consultar al médico de su confianza.

## **IX. ACEPTACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, \_\_\_\_\_  
he leído y comprendido la información sobre el proyecto “Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética” y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento

\_\_\_\_\_  
Nombre, fecha y firma del participante

He explicado al Sr (a) \_\_\_\_\_  
la naturaleza y los propósitos de la investigación, describiendo los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado todas las preguntas y he preguntado si tiene alguna duda sobre el estudio. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar la investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas se procedió a firmar el presente documento.

\_\_\_\_\_  
Nombre, fecha y firma del investigador

\_\_\_\_\_  
Nombre, fecha y firma del testigo 1

\_\_\_\_\_  
Nombre, fecha y firma del testigo 2



## X. CARTA DE REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del proyecto: “Desarrollo de una botana a base de maíz con alto contenido de proteínas y fibra dietética”.

Investigador principal: Dra. Rosalía Reynoso Camacho

Sede donde se realizará el estudio: Laboratorio de análisis sensorial del CAIDEP en el segundo piso del parque biotecnológico de la Facultad de Química en la Universidad Autónoma de Querétaro.

Nombre del participante:

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de esta investigación por las

siguientes razones (opcional):

- 
- 

---

Nombre, fecha y firma del participante

### Anexo 4. Evaluación sensorial hedónica de nueve puntos (Biro et al., 2020). Evaluación de preferencia e intención de compra de la botana desarrollada

|   |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
|---|----------|----------|-------------|----------|----------------|--|----------|----------|----------|
| <b>Universidad Autónoma de Querétaro</b>  |          |          |             |          |                | <b>Contacto:</b> Ricardo Segovia         |          |          |          |
| <b>Facultad de Química</b>  |          |          |             |          |                | <b>Correo:</b> rsegovia22tesis@gmail.com |          |          |          |
| <b>“Desarrollo de una botana a base de maíz con un alto contenido de proteínas y fibra dietética”.</b>  |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| <b>Indicaciones:</b> Tome el tiempo necesario para probar las 5 muestras que tiene en frente de usted en el orden especificado en la hoja y marque con una X la que considere más adecuada considerando su agrado de satisfacción. Tome agua y un pedazo de galleta entre muestras. |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Edad:   |          | Género:  |             |          |                |  |          |          |          |
| ¿Consumo de manera habitual botanas? _____  |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| ¿ Cuáles? _____   |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| MUESTRA   | Me       | Me       | Me disgusta | Me       | Ni me gusta ni | Me gusta                                 | Me gusta | Me gusta | Me gusta |
| 923   | disgusta | disgusta | Moderado    | disgusta | me disgusta    | poco                                     | moderado | mucho    | extremo  |
|   | extremo  | Mucho    |             | un poco  |                |  |          |          |          |
| Apariencia  |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Color   |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Olor  |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Sabor   |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Textura (en la boca)  |          |          |             |          |                |  |          |          |          |
| Aceptabilidad general   |          |          |             |          |                |  |          |          |          |

Si las botanas se estuvieran en la tienda más cerca clasifíquelas por su intención de compra utilizando las siguientes frases: Si lo compraría o no lo compraría.

Muestra    Intención de compra

456        \_\_\_\_\_

241        \_\_\_\_\_

589        \_\_\_\_\_

876        \_\_\_\_\_

Comentarios generales:

---

---

---

---

**Muchas gracias por su participación**