



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO**
Facultad de Ingeniería
División de Investigación y Posgrado



**Desarrollo de una botana de tercera generación a base de
leguminosas, obtenida mediante un proceso de extrusión**

TESIS

Que como parte para obtener el grado de
Maestría en Diseño e Innovación

Presenta:

IQAI. Laura Montserrat Ávalos Esparza

Dirigido por:

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Co-dirigido por:

Dra. María de la Luz Reyes Vega

Junio 2019, Querétaro, Qro.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Diseño e Innovación

"Desarrollo de una botana de tercera generación a base de leguminosas, obtenida mediante un proceso de extrusión"

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Diseño e Innovación

Presenta:

Laura Montserrat Ávalos Esparza

Dirigido por:

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Co-dirigido por:

Dra. María de la Luz Reyes Vega

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Presidente

Dra. María de la Luz Reyes Vega

Secretario

Dr. Eduardo Morales Sánchez

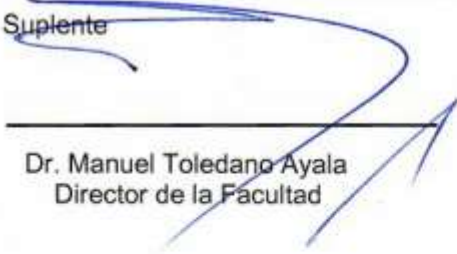
Vocal

Dra. Margarita Contreras Padilla

Suplente

M. en C. José Omar Valencia Hernández

Suplente



Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad



Firma



Firma



Firma



Firma



Firma



Firma

Dr. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Junio, 2019

RESUMEN

La industria de botanas es una de las más importantes a nivel internacional y nacional. En México, se producen principalmente botanas de tercera generación, sin embargo, son productos con alto contenido en grasa, sodio y aporte energético. Actualmente, los consumidores demandan productos que sean saludables, naturales, accesibles y disponibles. Por lo anterior, la industria de botanas se está renovando, buscando la adición de ingredientes que mejoren la calidad nutricional del producto conservando las principales características de aceptabilidad como el sabor y la textura. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una botana extrudida de tercera generación enriquecida con garbanzo. Una botana de tercera generación corresponde a lo que se conoce como “*half-product*” o productos intermedios y se refiere a que el producto obtenido es un “*pellet*” o pasta seca que posteriormente se expandirá por medio de un freído o por aire caliente. Se evaluó el efecto de las condiciones de procesamiento de la extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas del producto. Se utilizó un extrusor de tornillo simple con una relación L/D=21. Las variables de proceso estudiadas fueron la temperatura de proceso (80 a 120 °C), la velocidad de tornillo (10 a 20 rpm), el porcentaje de garbanzo (25 a 50%) y la humedad del material de alimentación (60 a 80%). Los resultados mostraron que las condiciones óptimas para obtener una botana de mejor calidad y aceptación sensorial fueron 120 °C de temperatura de proceso, 80% de humedad del material de alimentación, 25% de garbanzo y una velocidad de 20 rpm. El producto obtenido es una alternativa saludable a las botanas de tercera generación, por lo que se trata de una innovación incremental. Además de conservar sus propiedades de calidad, tienen la ventaja de ser un producto bajo en grasa, bajo en sodio, alto en fibra y con mayor cantidad de proteína que las botanas comerciales debido al garbanzo añadido, por lo que se trata de una innovación incremental. La botana obtenida tiene un costo accesible y competitivo, cercano al de las botanas comerciales y con una alta aceptabilidad sensorial.

Palabras clave: Botanas de tercera generación, extrusión, garbanzo.

SUMMARY

The snack food industry is one of the most important on international and national's level. In Mexico, they are mainly produced third generation snacks, nevertheless, they are not the most consumed, because they contain high amounts of fat, salt y calories. Nowadays, the consumers demand that are healthy, natural, accessible and available products. Therefore, the snack industry is being renovated, looking ingredient addition that improve the nutritional quality of the product retaining the main features of acceptability such as taste and texture. The objective of the present work was to develop an extruded third generation snack, enriched with chickpea. A third generation snack also it is known as half-product and it is referring to the product obtained is a "pellet" or dry paste which is expanded through a hot air or frying. The effect of extrusion process conditions was evaluated, on physicochemical properties of the product. Extrusion process was realized with a single screw extruder, with a L/D ratio =21. The process variables studied were process temperature (80 to 120 °C), screw speed (10 to 20 rpm), chickpea amount (25 to 50%) and moisture content of the feed material (60 to 80%). The results showed that the optimal conditions to obtained a snack with best quality and sensorial acceptability were a process temperature of 120 °C, a feed material moisture of 80%, a chickpea amount of 25% and a screw speed of 20 rpm. The product obtained is a healthy alternative to third generation snacks, since, in addition to conserving its quality properties, it has the advantage to be a low fat and low salt product, and has a high fiber level and more amount of protein that a commercial snack, due to added chickpea. The snack was obtained, has an accessible and competitive cost, close to that of the commercial snacks, and it has a high sensorial acceptability.

Keywords: third generation snacks, extrusion. chickpea.

DEDICATORIAS

A Santiago, mi persona favorita en el mundo.

A las mujeres maravillosas que Dios puso en mi vida. Laura, mi madre y Consuelo, mi abuela, por todo el apoyo que me han dado a lo largo de mi vida personal y profesional, por sus enseñanzas, su cariño y por siempre creer en mí. A Olivia, por acompañarme siempre y sentar en mí el deseo de alcanzar mis sueños y metas. Soy el reflejo de sus virtudes, las amo y las admiro, gracias por todo cuanto me han dado.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por ayudarme a emprender mis sueños, apoyarme en mis proyectos y siempre confiar en mí, especialmente a mi mamá, Laura, mi abuela, Consuelo, y mi tíos, Olivia y Daniel.

A la Dra. Marcela Gaytán Martínez, por sus inigualables enseñanzas y por su excelente guía a lo largo de este proyecto.

A mis asesores, la Dra. María de la Luz Reyes Vega, el Dr. Eduardo Morales y el M. en C. José Omar Valencia Hernández, por apoyarme con sus enseñanzas y sus valiosas contribuciones al proyecto.

A la Dra. Margarita Contreras Padilla y a la Dra. Aurea Ramírez, por su orientación y apoyo.

A mis compañeros y amigos, por su confianza, paciencia, consejos, ayuda y enseñanzas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, por el apoyo económico brindado durante el periodo del programa de maestría.

Al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-IPN, por el gran apoyo técnico, sin el cual no podría haber sido posible este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, mi alma máter, por la oportunidad de emprender y finalizar mis estudios de posgrado.

ÍNDICE

RESUMEN	I
SUMMARY	II
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XV
1.INTRODUCCIÓN	1
2.MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 INNOVACIÓN	2
2.1.1 Tipos de innovación.....	2
2.1.2 Herramientas para la innovación	4
2.1.2.1 Design Thinking.....	4
2.1.2.2 Lean Canvas	5
2.2 BOTANAS	6
2.2.1 Aspectos generales	6
2.2.2 Producción y consumo de botanas.....	7
2.2.3 Clasificación generacional de las botanas.....	10
2.3 GARBANZO	13
2.3.1 Origen.....	13
2.3.2 Clasificación botánica y morfológica.....	13
2.3.3 Producción en México	14
2.3.4 Composición química	15
2.3.5 Factores anti nutricionales.....	19
2.3.6 Propiedades del garbanzo.....	19

2.4 EXTRUSIÓN DE BOTANAS	20
2.4.1 Extrusión	20
2.4.2 Tecnología de extrusión	22
2.4.3 Extrusión de botanas de tercera generación (3G)	23
2.4.4 Extrusión de alimentos con proteína	24
3.JUSTIFICACIÓN	25
4.HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	26
4.1 HIPÓTESIS.....	26
4.2 OBJETIVOS	26
4.2.1 Objetivo General.....	26
4.2.2 Objetivos específicos.....	26
5.MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1 MATERIA PRIMA.....	27
5.2 ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS	27
5.3 OBTENCIÓN DE BOTANAS DE 3ª GENERACIÓN A BASE DE TRIGO	27
5.3.1 Elaboración de mezclas	27
5.3.2 Botanas a base de trigo obtenidas por método tradicional.....	28
5.3.3 Optimización de botanas obtenidas por método tradicional	29
5.3.3.1 Determinación del efecto del emulsificante	29
5.3.4 Equipo extrusor de tornillo simple para alimentos	30
5.4 OBTENCIÓN DE BOTANAS DE 3ª GENERACIÓN ENRIQUECIDAS CON GARBANZO.....	31
5.5 PROCESO DE EXPANSIÓN.....	31
5.6 MÉTODOS ANALÍTICOS	32
5.6.1 Aplicación de estrategias de innovación (Design Thinking y Lean Startup)	32
5.6.1.1 Encuestas.....	32
5.6.1.1.1 Identificación del usuario y sus necesidades	32
5.6.1.1.2 Elaboración y evaluación de prototipos	33
5.6.1.1.2.1 Comparación de pares	33
5.6.1.1.2.2 Escala hedónica	33

5.6.1.2	Brainstorming	34
5.6.1.3	Benchmarking	34
5.6.2	Caracterización bromatológica	35
5.6.2.1	Contenido de humedad	36
5.6.2.2	Cenizas	36
5.6.2.3	Grasas.....	37
5.6.2.4	Proteína.....	37
5.6.3	Caracterización de propiedades fisicoquímicas de las botanas	38
5.6.3.1	Índice de expansión de botanas.....	38
5.6.3.2	Densidad aparente de botanas	39
5.6.3.3	Dureza y crujencia.....	40
5.6.3.4	Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua	40
5.6.4	Caracterización de propiedades microestructurales de las botanas....	41
5.6.4.1	Microscopía electrónica de barrido.....	41
5.6.5	Diseño de experimentos.....	41
5.6.5.1	Diseño experimental para botanas de 3ª generación a base de trigo.....	41
5.6.5.2	Diseño experimental para botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo.....	42
5.6.5.3	Diseño experimental para botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo. Estandarización	43
5.6.6	Optimización del proceso de elaboración de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo.....	44
5.6.6.1	Evaluación sensorial de las botanas de tercera generación obtenidas por el proceso de optimización del producto	44
5.6.6.2	Tabla nutrimental.....	45
5.6.6.3	Corrida financiera	45
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
6.1	APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN	45
6.1.1	Encuestas.....	45
6.1.1.1	Identificación del usuario y sus necesidades.....	45

6.1.1.2	Elaboración y evaluación de prototipos	52
6.1.1.2.1	Comparación de pares	52
6.1.1.2.2	Escala hedónica	54
6.1.2	Brainstorming	56
6.1.3	Benchmarking.....	58
6.2	BOTANAS DE 3ª GENERACIÓN A BASE DE TRIGO.....	61
6.2.1	Optimización de botanas obtenidas por método tradicional	61
6.2.1.1	Determinación del efecto del emulsificante	61
6.2.2	Elaboración de botanas obtenidas por extrusión.....	63
6.2.2.1	Características fisicoquímicas y de textura de las botanas a base de trigo.....	65
6.2.2.1.1	Índice de expansión (IE)	65
6.3	BOTANAS DE 3ª GENERACIÓN ENRIQUECIDAS CON GARBANZO	68
6.3.1	Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre las características fisicoquímicas de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo	69
6.3.1.1	Características fisicoquímicas de las botanas enriquecidas con garbanzo.....	69
6.3.1.1.1	Índice de expansión (IE)	70
6.3.1.1.2	Densidad aparente (DA)	72
6.3.1.1.3	Dureza	73
6.3.2	Estandarización de botanas enriquecidas con garbanzo	73
6.3.2.1	Optimización de los parámetros de proceso sobre las propiedades fisicoquímicas de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo obtenidas mediante extrusión.....	74
6.3.2.1.1.1	Índice de expansión.....	74
6.3.2.1.1.2	Densidad aparente	78
6.3.2.1.1.3	Dureza y crujencia.....	80
6.3.2.1.1.4	Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua.....	83
6.3.2.2	Caracterización de propiedades microestructurales de las botanas de tercera generación.....	86

6.3.2.2.1 Microscopía electrónica de barrido	86
6.3.2.3 Optimización de las botanas enriquecidas con garbanzo	88
6.3.2.4 Análisis sensorial.....	89
6.3.3 Viabilidad financiera de las botanas de tercera generación	90
6.3.4 Elaboración de etiqueta.....	91
7.CONCLUSIONES.....	95
8.BIBLIOGRAFÍA	97
APÉNDICE 1	1
FORMATOS DE ENCUESTAS	1
ANÁLISIS CONJUNTO	1
COMPARACIÓN DE PARES.....	2
ESCALA HEDÓNICA	3
PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA ALEATORIZADA	3
MODELO LEAN CANVAS.....	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Razones de consumo de botanas (Latinoamérica)	8
Tabla 2 Pronóstico de crecimiento de la industria en América Latina y a nivel mundial	8
Tabla 3 Tamaño del mercado de subsectores de la industria de alimentos procesado en México	9
Tabla 4 Distribución de elaboración de botanas.....	10
Tabla 5 Clasificación botánica de <i>Cicer arietinum</i> L.....	13
Tabla 6 Composición química del almidón de garbanzo (tipo Kabuli)	16
Tabla 7 Formulación general de botanas de tercera generación	27
Tabla 8 Diseño de experimentos factorial para obtención de botanas a base de trigo	41
Tabla 9 Diseño de experimentos factorial fraccionado para la obtención de botanas a base de garbanzo.....	42
Tabla 10 Diseño de experimentos factorial para la obtención de botanas a base de garbanzo	43
Tabla 11 Valores de P obtenidos por la prueba T de Student	54
Tabla 12 Valores P de los atributos evaluados en la escala hedónica, obtenidos por un análisis de Kruskal-Wallis.....	56
Tabla 13 Productos del benchmarking, identificados como competencia	59
Tabla 14 Comparación de la información nutrimental de productos del estudio de mercado	61
Tabla 15 Índice de expansión y textura de las botanas obtenidas con los diferentes tratamientos.....	61

Tabla 16 Índice de expansión de los extruidos a base de trigo	65
Tabla 17 Índice de expansión de los extruidos con garbanzo, obtenidos por método tradicional.....	69
Tabla 18 Valor P de los términos del modelo analizados para los extruidos de garbanzo obtenidos por extrusión	70
Tabla 19 Características fisicoquímicas de los extruidos con garbanzo, obtenidos por extrusión. Diseño factorial fraccionado	71
Tabla 20 Características fisicoquímicas de los extruidos con garbanzo, obtenidos por extrusión. Diseño factorial	74
Tabla 21 Valor P de los términos del modelo para las variables respuestas analizadas de los extruidos	75
Tabla 22 Análisis de varianza para las variable respuesta analizadas.....	75
Tabla 23 Comparación de medias por prueba de T de Student	89
Tabla 24 Costos y precios de venta	90
Tabla 25 Comparación de costos entre botanas	91
Tabla 26 Comparación de macro y micro nutrientes de las botanas, por cada 100g	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas del proceso de Design Thinking (Elaboración propia).....	5
Figura 2 LR, lóbulo radical del garbanzo	14
Figura 3 Flavonoides mayoritarios en soya (izq) y garbanzo (der).....	18
Figura 4 Esquema de extrusor de tornillo simple	21
Figura 5 Apariencia de la pasta obtenida por proceso tradicional.....	28
Figura 6 Pasta laminada	29
Figura 7 Producto deshidratado (Pellets)	29
Figura 8 Extrusor de tornillo simple, de propósito general para alimentos	31
Figura 9 Escala hedónica de nueve puntos	33
Figura 10 Lluvia de ideas para el desarrollo de una botana de tercera generación, con leguminosa	34
Figura 11 Fases del Design Thinking (Elaboración propia).....	35
Figura 12 Edad de los encuestados	46
Figura 13 Nivel de estudio de los encuestados	46
Figura 14 Consumo de botanas	47
Figura 15 Frecuencia de consumo de botanas	47
Figura 16 Preferencia del consumidor sobre el tipo de botana consumida	48
Figura 17 Preferencia del consumidor sobre el sabor de botanas	48
Figura 18 Preferencia del consumidor sobre la forma de botanas	49
Figura 19 Atributos del producto sobre la elección de compra del consumidor.....	49

Figura 20 Preferencia del consumidor sobre el tipo de empaque	50
Figura 21 Momento de consumo de botanas preferido por el consumidor.....	50
Figura 22 Análisis de comparación de pares en algunas características sensoriales de botanas.....	53
Figura 23 Distribución radial de los atributos valorados en el análisis sensorial de preferencia	55
Figura 24 Pellets extrudidos.....	64
Figura 25 Pellets expandidos.....	66
Figura 26 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de expansión (IE) de las botanas extrudidas	78
Figura 27 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la densidad aparente (DAp) de las botanas extrudidas.....	79
Figura 28 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la dureza (D) de las botanas extrudidas.....	81
Figura 29 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la crujencia (C) de las botanas extrudidas	83
Figura 30 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de absorción de agua (IAA) de las botanas extrudidas.....	84
Figura 31 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de solubilidad de agua (ISA) de las botanas extrudidas.....	85
Figura 32 Micrográficas electrónicas de barrido (300X) de los productos expandidos con aire caliente de los diferentes tratamientos del diseño experimental factorial..	87

Figura 33 Diagrama de optimización del diseño experimental para la obtención de botanas de tercera generación con leguminosa.....	88
Figura 34 Análisis de prueba de preferencia pareada aleatorizada en algunas características sensoriales de botanas.	90
Figura 35 Tabla nutrimental calculada	92
Figura 36 Etiqueta frontal del producto	93
Figura 37 Etiqueta reversa de producto	94

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Contenido de humedad	36
Ecuación 2 Contenido de cenizas	37
Ecuación 3 Contenido de grasa	37
Ecuación 4 Contenido de proteína	38
Ecuación 5 Índice de expansión.....	39
Ecuación 6 Índice de absorción de agua.....	40
Ecuación 7 Índice de solubilidad de agua	40

ÍNDICE DE APÉNDICES

Formato 1 Encuesta de análisis conjunto.....	1
Formato 2 Encuesta de comparación de pares.....	2
Formato 3 Encuesta de escala hedónica	3
Formato 4 Prueba de preferencia pareada aleatorizada	4
Formato 5 Diseño de modelo Lean Canvas	5

1. INTRODUCCIÓN

Las botanas son productos que a menudo tienen una mala reputación, ya que asumen parte de la culpa de los hábitos alimenticios que pueden contribuir a problemas de salud. Por su proceso de elaboración, las botanas convencionales contienen una alta cantidad de grasa, seguido de un alto aporte calórico y su destacable contenido de sodio, principal razón por la cual se perciben como productos poco saludables.

La fortificación de alimentos a partir de proteínas es una alternativa que permite tener alimentos saludables. El garbanzo es una leguminosa que se cultiva en México, tiene gran importancia económica por su aporte en materia de exportación, su contenido de proteínas es cerca del 22%, tiene efectos hipoglucemiantes y es apto para desempeñar un papel importante como un ingrediente funcional en la dieta.

Se ha demostrado que los consumidores tienen en cuenta ciertos criterios de selección antes de adquirir los aperitivos por los que pagan, como reconocer las características saludables de los ingredientes que contienen, así como las características de calidad como el sabor y la textura.

El presente proyecto propone desarrollar una botana extrudida de tercera generación en la que se reemplace parte del almidón por proteínas (fortificación), a partir de fuentes vegetales como garbanzo, que sea expandida por aplicación de aire caliente y que compita sensorialmente con las botanas comerciales de tercera generación, que por su naturaleza se elaboran directamente con almidón lo que permite su posterior expansión. La aplicación de tecnología existente como la extrusión, para elaborar productos, es una importante área de oportunidad para la innovación en la industria de botanas, por ello, en este trabajo se propuso la extrusión como tecnología de proceso para la elaboración de la botana de tercera generación. La metodología seguida fue elaborar un producto control, buscando que las características de expansión fueran similares a las de una botana comercial, y

se usó como base para la elaboración de la botana extrudida fortificada a través de un diseño de experimentos.

El presente documento tiene el orden siguiente: introducción, marco teórico, justificación, objetivos, materiales y métodos, resultados, conclusiones, bibliografía y anexos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Innovación

La innovación se define como la generación de un nuevo producto, diseño, proceso, servicio o método, o la adición de valor a los existentes, según lo establece la Ley de Ciencia y Tecnología (2015), en otras palabras, la innovación resulta de la dinámica de interacción entre el producto y el consumidor (Zurlo et al., 2002), si bien puede tratarse de algo completamente nuevo o significativamente mejorado, para que se considere como tal, ese producto, bien o servicio, debe introducirse al mercado (OECD and Communities, 2007).

2.1.1 Tipos de innovación

Hablar de innovación significa hablar de un campo de estudio multidisciplinario que incluye varios modelos, teorías y marcos diferentes (Myllylä, 2018), ésta se clasifica en dos tipos. La innovación disruptiva o radical es definida como aquella en la que se crean conceptos, procesos, productos o servicios nuevos, que no pueden entenderse como una evolución natural de los ya existentes, debido a que implica una ruptura con lo ya establecido, así mismo conlleva al desarrollo de nuevos significados que cambian el contexto sociocultural debido a que interrumpen un mercado existente o crean uno completamente nuevo, a través de la aplicación de nuevas tecnologías (Verganti, 2003; Foro Consultivo y Tecnológico AC., 2012; Myllylä, 2018). Por otro lado, la innovación incremental es aquella que implica pequeños cambios o mejoras sobre un producto, proceso o servicio ya existente, dirigidos a incrementar su funcionalidad y mantener una posición competitiva en el tiempo (Hui and Qing-xi, 2006; Foro Consultivo y Tecnológico AC., 2012; Myllylä, 2018).

Para el desarrollo de nuevos productos existen tres enfoques estratégicos; el primero denominado *Market Pull*, a partir del cual la innovación surge como el resultado de la observación de las necesidades del usuario para después buscar tecnologías y herramientas que permitan satisfacer dichas necesidades, por ende, la principal fuente de innovación es el mercado. El segundo, *Technology Push*, deriva de la dinámica de la investigación tecnológica y el desarrollo de nuevas tecnologías, por lo que la innovación se deriva de las actividades de investigación y desarrollo de la empresa, buscando al final de todo el proceso una necesidad que satisfacer o a la cuál pueda servir el resultado de dicha innovación. El tercer enfoque es el *Design Driven*, en el cual se combinan tanto las variables de mercado, como las variables tecnológicas y el desarrollo científico para dar como resultado productos con alto grado de éxito, que depende no solamente de la disponibilidad de nuevas funciones, sino también de la capacidad de generar nuevos mensajes y nuevos significados para los consumidores. El *Design Driven* está orientado a cambios significativamente grandes, por lo que el proceso de innovación es radical, por su parte, tanto en el *Market Pull* como en el *Technology Push* el proceso de innovación es incremental (Verganti, 2008; Dell’Era and Verganti, 2009). La mayoría de las empresas implementan este tipo de innovación debido a que es más rentable y más sencilla, a través de cambios pequeños y acumulativos, que derivan en un incremento sostenido.

El resultado del proceso de innovación se conoce como producto y es ofrecido al mercado para satisfacer un deseo o necesidad, la innovación ocurrirá cuando las características del producto cambien (Hui and Qing-xi, 2006), en otras palabras, la innovación de producto se refiere a la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina (Foro Consultivo y Tecnológico AC., 2012).

En los últimos años se ha considerado que es el usuario quien dirige el proceso creativo que conlleva a la innovación, sugiriendo que ésta implica el entendimiento de tecnologías y mercados (proceso incremental, por ello, la mayoría de las innovaciones recaen aquí) y que el conductor más importante de la innovación es

la necesidad o demanda de los usuarios, misma que se refleja como una serie de elementos explícitos que pueden identificarse, capturarse y convertirse en requerimientos para nuevos productos capaces de satisfacer tales necesidades (Dosi, 2000; Åstebro, 2003; Dell’Era and Verganti, 2009).

Comprender la dinámica de mercado es de suma importancia y debe hacerse desde la percepción del cliente, quien le otorgará cierto valor al producto desarrollado, éste se conoce como valor agregado y se refiere a una cualidad mejorada de un producto o servicio que es reconocida por el usuario (Foro Consultivo y Tecnológico AC., 2012; Megias, 2012). Integrar esta herramienta significa entender mejor el mercado, aprender sobre los clientes, competidores, canales y cambios en las condiciones futuras del mercado (Veflen, 2014). Contar con un panorama en el que sea posible identificar qué opiniones de cambio generarán dicho valor, es posible mediante la aplicación de estrategias de innovación (Pisano, 2015).

2.1.2 Herramientas para la innovación

2.1.2.1 Design Thinking

Al tratarse de la generación de un nuevo producto, proceso o servicio, la innovación hace uso de metodologías de diseño sin las cuales sería imposible llegar a dicho objetivo. Una de estas metodologías es el *Design Thinking*, una herramienta que ha evolucionado con el tiempo y es ampliamente utilizada debido a que a través de ésta surgen ideas innovadoras para el desarrollo de productos o servicios, mejora de procesos, definición de modelos de negocio, etcétera, que buscan satisfacer las necesidades de los usuarios, por lo que, para lograr innovar, es indispensable comprender al usuario, lo que piensa y siente respecto a un problema, de tal manera que sea parte activa del proceso de creación (Veflen, 2014; LN Creatividad y Tecnología, 2017). Esta metodología es realmente útil debido a que proporciona las variables para que un producto sea exitoso en el mercado y tenga un valor para las personas. Es una herramienta para transformar la información recolectada en ideas factibles e identificar nuevas oportunidades. Consta de cinco principales etapas (Figura 1).

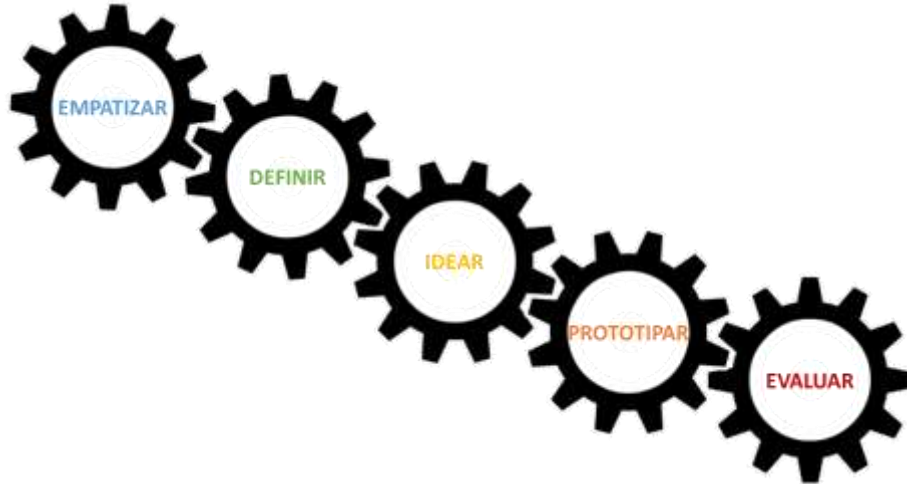


Figura 1 Etapas del proceso de *Design Thinking* (Fuente: Elaboración propia)

La fase de empatizar, implica comprender las necesidades del usuario, las cuales pueden presentarse de manera implícita o explícita. En la fase de definir, se identifican los problemas cuyas soluciones son clave para obtener un resultado innovador. La fase de idear, consiste en generar ideas de posibles soluciones al problema o problemas anteriormente identificados. La etapa de prototipar consiste en hacer las ideas palpables, es una fase en la cual se visualizan las posibles soluciones del problema a resolver. Finalmente, estos prototipos se evalúan con el usuario, con el objetivo de determinar si cumplen o no sus necesidades (LN Creatividad y Tecnología, 2017; Design Kit: The Human-Centered Design Toolkit).

Tradicionalmente, la industria alimenticia incluye al consumidor en la última parte del proceso de desarrollo, durante la validación de un producto, para garantizar su aceptación en el mercado, el *Design Thinking* percibe la visión del consumidor como el punto de partida para todo el proceso de desarrollo.

2.1.2.2 Lean Canvas

El método *Lean Startup* es una de las propuestas desarrolladas para establecer la estrategia de llevar al mercado un nuevo producto (Ries, 2011), los principios de este método se conjuntan con una herramienta que surge para el diseño del modelo de negocio, el *Lean Canvas*.

Inicialmente, es necesario identificar y segmentar el mercado. Una vez realizado esto, es necesario conocer los problemas o necesidades a satisfacer, así como plantear las posibles soluciones para resolverlos, proponiendo, además, un diferenciador. Posteriormente, se establecen las características más importantes con las que cuenta el producto, mismas que ayudarán a cubrir las necesidades de los consumidores. Así mismo, se deben establecer los medios por los cuales el producto llegará al segmento de mercado anteriormente identificado. A lo largo de este proceso, es indispensable plantear la estrategia sobre el flujo de ingresos y egresos, pero también definir la medición de parámetros clave que ayuden a la toma de decisiones. Finalmente, se establece la ventaja competitiva, una cualidad que hace al producto diferente, lo que incentiva al cliente para consumirlo activamente (Maurya, 2012).

En los últimos años, la tendencia de consumo de alimentos saludables ha aumentado, por lo que el proceso de desarrollo de estos productos está evolucionado. Dentro de las alternativas saludables, destacan los aperitivos, dentro de los que se encuentran las botanas, productos altamente disponibles y asequibles, que, por el contrario, no satisfacen las necesidades nutricionales de los consumidores. Innovar en el desarrollo de este tipo de productos, tiene por objetivo cubrir las demandas de un mercado que así lo exige.

2.2 Botanas

2.2.1 Aspectos generales

La industria de botanas ha estado en constante crecimiento a lo largo de los años y continúa ocupando un lugar importante dentro de las tendencias totales de alimentos, siendo una de las categorías con mayor crecimiento en el mercado interno por su alta disponibilidad (IRI, 2016), encontrándolas en un gran número y variedad de establecimientos.

La variedad de botanas no sólo se refiere al tipo de alimento que se considera como tal, sino también a los tamaños y formatos que conforman la oferta del mercado (Industria Alimenticia, 2015). De acuerdo a la NOM-187-SSA1/SCFI-2002 se

considera como botana a los productos elaborados de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como granos, frutas, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y de piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extrudidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos; ciertamente la mayoría de estos productos tienen poco valor nutricional, una gran cantidad de grasa y sal, por lo que no constituyen un alimento saludable, a pesar de ello, se trata de una industria que abarca diversos mercados, las botanas cubren muchas de las necesidades del consumidor: precio accesible, amplio surtido en sabor y tamaño, alta disponibilidad en venta, entre otras (Lizárraga-Ramírez, et al., 2013).

Actualmente las opciones de mercado han evolucionado, volviéndose más específicas, de tal manera que, aspectos como la variedad, el sabor y la obtención de productos más saludables está teniendo un enorme impacto en las opciones de botanas, esta industria ha desarrollado productos innovadores con nuevos ingredientes (destacando el uso de granos y legumbres), menos sal, menos grasa, nuevos sabores y opciones sin gluten (Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), 2016). Los alimentos botana hoy en día se están rediseñando para aumentar su valor nutrimental, adicionando micro y/o macronutrientes, componentes fitoquímicos, vitaminas, antioxidantes, como ingredientes que los hacen más atractivos para el consumidor (Lizárraga-Ramírez, et al., 2013).

2.2.2 Producción y consumo de botanas

El mercado de botanas crece día a día, entre 2007 y 2012 el consumo de estos productos aumentó un 40% en México; para el 2014, la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), reportó una producción anual de 550,000 toneladas de botanas y un consumo anual per cápita de 4.5kg (Celorio & Félix, 2014). Para el 2015, en el país se consumieron cerca de 157,000 toneladas de papas fritas en el año, además, el consumo de estos productos en los hogares mexicanos fue de 97%, es decir, un consumo de dos veces a la semana por persona (Excelsior, 2015).

Esta industria genera alrededor de 41,000 millones de pesos mexicanos al año. A pesar de que Estados Unidos ocupa el primer lugar en el mercado de botanas, México se posicionó en el lugar 17 para el año 2013, con una participación en el mercado del 2.3% (Excelsior, 2015).

A nivel global, el mercado de botanas movió 1.2 billones de dólares en 2015, sin embargo, el mercado que abarca Latinoamérica (incluyendo México) se posiciona como una de las regiones de mayor crecimiento real y potencial. Es este sector donde destaca el desarrollo de productos saludables y naturales, demandados por los consumidores y su predominante influencia en el sector alimenticio, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Razones de consumo de botanas (Latinoamérica)

Razones para consumir	Participación (%)
Placer	56
Antojo	37
Reunión (familia/amigos)	33
Premio	32
Nutrición	29
Satisfacer hambre entre comidas	28

(Industria Alimenticia, 2016)

El crecimiento anual de la industria de botanas, a nivel mundial y en Latinoamérica estimado para 2015 a 2020 se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Pronóstico de crecimiento de la industria en América Latina y a nivel mundial

Categoría	América Latina (TMCA 2015-2020)	Mundo (TMCA 2015-2020)
Lácteos	6.4%	6.3%
Panadería	4.9%	4.5%

Productos del mar y cárnicos	7.5%	4.5%
Confitería	5.6%	5.1%
Arroz y pastas	5.9%	6.0%
Botanas dulces y saladas	7.9%	6.0%
Salsas y aderezos	7.0%	5.1%
Aceites y grasas	5.7%	5.3%
Galletas y barras	6.3%	5.4%
Comida lista	8.5%	4.2%
Comida para bebé	7.3%	10.9%
Helados	6.5%	5.5%
Frutos y vegetales	6.7%	3.8%
Cereales	6.9%	3.5%
Untables	5.3%	5.3%
Sopas	8.0%	3.8%

(Euromonitor, 2015)

El crecimiento de la industria de botanas en México se estima en un valor del 4.9%, respecto a otros subsectores de la industria mexicana, a partir del 2015 y hasta el 2020, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Tamaño del mercado de subsectores de la industria de alimentos procesado en México

Categoría	Valor mercado, 2015 (mdd)	TMCA 2015-2020
Panadería	15,718	4.5%
Lácteos	11,550	4.6%
Confitería	4,072	3.6%
Productos del mar y cárnicos	3,313	5.7%
Salsas y aderezos	3,209	5.5%
Galletas y barras	3,176	4.7%

Botanas dulces y saladas	3,003	4.9%
Aceites y grasas	1,993	4.0%
Arroz y pastas	1,874	4.9%
Comida para bebé	1,084	4.2%
Frutos y vegetales	979	5.2%
Cereales	741	4.1%
Helados	587	4.8%
Untables	499	5.2%
Comida lista	417	5.8%
Sopas	157	4.5%

(Euromonitor, 2015)

Los principales tipos de botanas elaboradas en la industria mexicana se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Distribución de elaboración de botanas

Tipo de botana	Distribución (%)
Frituras de harina de trigo y maíz	36
Papas fritas	27
Totopos y tostadas	19
Otros productos horneados/inflados	11
Cacahuates y semillas	4
Otros	3

(Celorio & Félix, 2014)

2.2.3 Clasificación generacional de las botanas

Las botanas se clasifican en tres generaciones, de acuerdo a sus técnicas de elaboración (Huber & Rokey, 1990; Riaz, 2006).

1ª generación: considera los productos convencionales elaborados a partir del grano entero usando combinaciones de humedad/temperatura. Dentro de esta

categoría se encuentran productos naturales como nueces, papas fritas y palomitas de maíz. Las botanas de primera generación muestran como gran inconveniente estar elaborados a partir de materia prima perecedera, estos productos tienen un periodo de vida de anaquel muy corto (Hui, 2006).

2ª generación: son productos en los cuales la materia prima se ve involucrada en distintas etapas de preparación para la obtención de una masa, la cual es sometida a un proceso de cocción para obtener el producto final. La mayoría de las botanas caen en esta categoría, por ejemplo, chips de tortilla de maíz, rizos de maíz y todos los productos directamente expandidos. En las botanas de segunda generación se incluyen aquellas de un solo ingrediente y las directamente expandidas, es decir, no requieren ser transformadas para concluir su expansión después de extrudidas, una vez finalizado este paso, los productos pueden ser terminados por horneado o freído. Los productos directamente expandidos no requieren operaciones adicionales a la extrusión para la expansión de los mismos. Este proceso es muy sencillo y los productos consiguen dichas características mediante una relación temperatura/humedad, que provoca el estiramiento del producto una vez que llega a la boquilla del extrusor y tiene contacto con el exterior. Es necesario considerar qué factores influyen en las características de los productos extrudidos: las características de las materias primas (tipo de material, contenido de humedad, composición química como proteínas, tipo de almidón, etc., y el pH del material) y las condiciones operativas del extrusor (temperatura, presión diámetro del dado, fuerza del corte, etc.). El principal objetivo de la extrusión consiste en ampliar la gama de alimentos que componen la dieta, a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura, color y aroma (Hui, 2006). Al utilizar extrusión en caliente se aumenta la temperatura, lo que permite obtener productos de baja densidad y baja humedad como los *snacks*, y también productos más densos que posteriormente pasan por un proceso de secado (Revelo-Mera, 2010), sin embargo, el almidón es el componente más importante a lo largo de la extrusión, ya que de éste dependen los cambios que proporcionarán las características de expansión y textura al producto final (Gómez-López, 2013).

3ª generación: son conocidas como botanas semi-terminadas (*semi-products*) y productos intermediarios (*half-products*), los cuales son parecidos a los productos de segunda generación, aunque el producto obtenido no se encuentra listo para ser consumido. Su presentación final viene comúnmente después de un freído en aceite caliente, expansión con aire caliente o con microondas. Debido a su alta estabilidad al almacenamiento y su alta densidad aparente, las botanas de tercera generación presentan un interesante mercado potencial. Existen otras alternativas para la expansión de las botanas de tercera generación, diferentes al freído y microondas, como lo son el calentamiento por radiación infrarroja o por expansión con aire caliente (Hui, 2006).

El consumo de legumbres es importante tanto en el ámbito nutricional, como en la agricultura sostenible. Las leguminosas son una fuente importante de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, son de fácil acceso por su disponibilidad y bajo costo (Gaucín, 2016a). En México, las leguminosas son importantes en la agricultura nacional, en este sentido el garbanzo es la segunda semilla más cultivada, cosechada principalmente en Sinaloa (64%) y Sonora (22%). Debido a la importancia de las legumbres desde la perspectiva agrícola, alimentaria y nutricional, es necesario promover su producción y consumo, a fin de aprovechar el potencial de estos cultivos (Gaucín, 2016b).

Dentro de las promociones de salud que forman parte de la Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes, se encuentra el incrementar el consumo diario de leguminosas, cereales de granos enteros y fibra en la dieta (Secretaría de Salud, 2013). Es aquí donde radica la importancia del consumo de legumbres, ya que, al ser una fuente importante de fibra, proteína y aminoácidos esenciales, su consumo ayuda a reducir la glucosa en sangre y los niveles de insulina, sin embargo, en los últimos años el consumo de legumbres ha disminuido significativamente. Es necesario promover el consumo de legumbres a través de productos atractivos para los consumidores, con los que pueden mejorar su salud general (FAO, 2016).

En México se producen diferentes leguminosas como el frijol, el chícharo, el haba, el garbanzo, entre otras. Las leguminosas son importantes porque son fuente natural de proteína vegetal.

2.3 Garbanzo

2.3.1 Origen

La especie cultivable de garbanzo se originó a partir de un proceso evolutivo durante la domesticación de la especie silvestre *Cicer reticulatum* Ladiz, en la región sureste de Turquía (Biderbost, 2014), conocida como la región del Creciente Fértil, que abarca parte o el total de los territorios actuales de Jordania, Israel, Líbano, Siria, Turquía, Irán, Irak, Egipto, la franja de Gaza y Cisjordania. El garbanzo es una de las especies consideradas como “pioneras” de la agricultura, junto con la cebada, el trigo, la lenteja, la arveja, la veza y el lino (Coirini-Carreras and Nolasco, 2016).

2.3.2 Clasificación botánica y morfológica

El género *Cicer* comprende 44 especies incluyendo la única cultivada (*Cicer arietinum* L.); de las cuales 9 son anuales y 35 perennes. La clasificación botánica del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Clasificación botánica de *Cicer arietinum* L.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Tribu	Cicereae
Género	<i>Cicer</i>
Especie	<i>Cicer arietinum</i>

(Coirini-Carreras and Nolasco, 2016)

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una especie anual, autógama y diploide, con un número cromosómico $2n=2x=16$. El tamaño de las semillas oscila entre 8-11 mm de

largo, 6-8 mm de ancho, 7-9 mm de espesor, siendo asimétricas, redondo-cuadrangulares, triangulares u ovales, con el lóbulo radical (LR) prominente (Figura 2), que es la región más susceptible a daños mecánicos en la cosecha y pos cosecha.



Figura 2 LR, lóbulo radical del garbanzo
(Coirini-Carreras and Nolasco, 2016)

2.3.3 Producción en México

Existen dos tipos bien definidos de *Cicer arietinum*, el tipo Kabuli y el tipo Desi: el Kabuli produce semillas de tamaño grande y colores claros (blanco, crema, amarillo o anaranjado), por otra parte, el Desi produce semillas más pequeñas, de color más oscuro debido a que el tegumento presenta fenoles, sin embargo la coloración de las semillas se debe también a la presencia o no de pigmentos antociánicos, los cuales pueden desarrollarse bajo condiciones de estrés en el tipo Kabuli (Coirini-Carreras and Nolasco, 2016).

En México se cultiva tanto garbanzo tipo Desi (garbanzo porquero) como garbanzo tipo Kabuli (garbanzo blanco). La mayoría de los productores primarios de garbanzo de tipo Desi consumen el cultivo localmente y tienen un mínimo de comercio de exportación, sin embargo, el comercio es cada vez mayor para el tipo Kabuli (Muhammed, 2012).

El garbanzo blanco (Kabuli) es uno de los cultivos más importantes en México destinados a la exportación, la variedad dominante en este mercado durante dos décadas ha sido Blanco Sinaloa-92, cuyas características de grano han permitido

que el garbanzo mexicano se exporte a más de 40 países, siendo España, Argelia e Italia los principales compradores (Ortega Murrieta et al., 2016).

México figura entre los países productores y exportadores de garbanzo más importantes del mundo. El área cosechada estimada en 2014 fue de 106,434 ha, con una producción de 171,665 toneladas, reportando un rendimiento de 16,129 hg/ha (FAO, 2014). Por otro lado, el estado de Sinaloa es uno de los principales productores de garbanzo blanco, cuenta con alrededor de 15,000 hectáreas para siembra de este cultivo (Vega, 2016). En 2016, México exportó más de 40 mil toneladas de garbanzo, obteniendo alrededor de 53 millones de dólares (Ávila, 2017).

2.3.4 Composición química

El garbanzo es una excelente fuente de nutrientes. El garbanzo tipo Kabuli contiene aproximadamente 21.3% de proteína, 5.7% de grasa y 60.4% de carbohidratos de los cuales el 75% es almidón. Por otro lado, el garbanzo tipo Desi contiene cerca del 30% de proteínas, 4.6% de grasa y 62.6% de carbohidratos de los cuales el 61% es almidón. El garbanzo es rico en lisina y arginina, pero deficiente en aminoácidos azufrados como metionina y cisteína. Esta legumbre es buena fuente de calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio, y también una excelente fuente de fibra, el garbanzo tipo Kabuli contiene cerca de 15.4% de fibra, y el tipo Desi contiene cerca de 24.6% de fibra, la semilla contiene tanto fibra soluble como insoluble (Fares and Menga, 2014).

La cantidad de carbohidratos del garbanzo está conformada principalmente por almidón seguido de fibra dietética y α -galacto-oligosacáridos (α -GOS). A nivel molecular, el almidón está compuesto por dos estructuras, amilosa, en la que los polímeros lineales de glucosa están unidos entre sí por enlaces α -D-(1-4); y amilopectina, una molécula ramificada con enlaces α -D-(1-4) y enlaces α -D-(1-6). La amilopectina es más abundante que la amilosa en los gránulos de almidón. En particular, el almidón representa la fracción más relevante en el cotiledón de garbanzo, variando en el rango de 30.8% a 37.9% de materia seca, en el que se

pueden observar cantidades trazas de proteína, cenizas y lípidos de acuerdo a la Tabla 6:

Tabla 6 Composición química del almidón de garbanzo (tipo Kabuli)

Composición	Contenido (g/100g)
Almidón	30.8-37.9
Cenizas	0.05-0.07
Proteína	0.1-0.89
Lípidos	0.09-0.50
Amilosa	23.2-31.8

(Fares and Menga, 2014)

Se han encontrado diferencias en las cantidades y características del almidón en relación con los tipos Kabuli y Desi, donde el Kabuli difiere de este último en parámetros como mayor tamaño de gránulo, mayor rendimiento, menor contenido de amilosa, mayores parámetros de gelatinización y mayor cristalinidad, estos factores pueden ser los responsables de tener un mayor grado de digestibilidad *in vitro* a comparación del tipo Desi, en cualquier caso, el almidón de ambos tipos de garbanzo representa un alimento con un índice glucémico bajo (GI) (Fares and Menga, 2014).

De acuerdo al Codex Alimentarius, la fibra dietética se define como polímeros de hidratos de carbono con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las siguientes categorías (Codex Alimentarius, 2011):

- Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen

- Polímeros de carbohidratos obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes
- Polímeros de carbohidratos sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes

Si la fibra dietética es de origen vegetal puede incluir fracciones de lignina y/u otros compuestos asociados a los polisacáridos de las paredes celulares vegetales (Codex Alimentarius, 2011). El contenido total de fibra dietética en garbanzo varía del 15% al 23% (Fares and Menga, 2014).

Los α -GOS son azúcares no reductores de bajo peso molecular, solubles en agua y en soluciones de agua y alcohol. Estos se acumulan principalmente en los órganos de almacenamiento de las plantas, donde tienen funciones fisiológicas protectoras que están asociadas con la tolerancia a la sequía y la resistencia al congelamiento, y con la inhibición de la germinación en condiciones de sequía. Los α -GOS más abundantes en semillas de garbanzos en orden decreciente son, ciceritol, estaquiosa, rafinosa y verbascosa, y sus cantidades varían de 4,18% a 8,53% (Fares and Menga, 2014).

Las isoflavonas son una clase de flavonoides característicos de las leguminosas como soya, guisantes, habas, garbanzos, lentejas, y también se encuentran en plantas forrajeras. Por su parte, el garbanzo se caracteriza por un alto contenido en biochanina A y un bajo contenido en biochanina B, mejor conocida como formononetina, ambas tienen la misma estructura química que la genisteína y la daidzeína (presentes en la soya), respectivamente, excepto por tener el grupo 4-hidróxilo del anillo bencénico, metilado (Figura 3) (Megías et al., 2016).

También se han notificado propiedades promotoras de la salud para estas isoflavonas, así mismo, tanto la biochanina A, como la formononetina pueden desmetilarse a genisteína y daidzeína, respectivamente, por la microflora y el hígado, humanos. Variedades de garbanzo Sinaloa muestran la presencia de biochanina A y formononetina como agliconas, glucósidos y derivados indeterminados, con una concentración total de biochanina A y formononetina entre 7 y 29 µg/g, en semillas secas. La inmersión, la cocción y la deshidratación industrial afectan en gran medida el perfil de isoflvonas, y aunque este efecto depende de la variedad de garbanzos, se ha demostrado que la cocción y la deshidratación del garbanzo tipo Sinaloa ayudan a liberar altas cantidades de biochanina A, a partir de glicósidos (Megías et al., 2016).

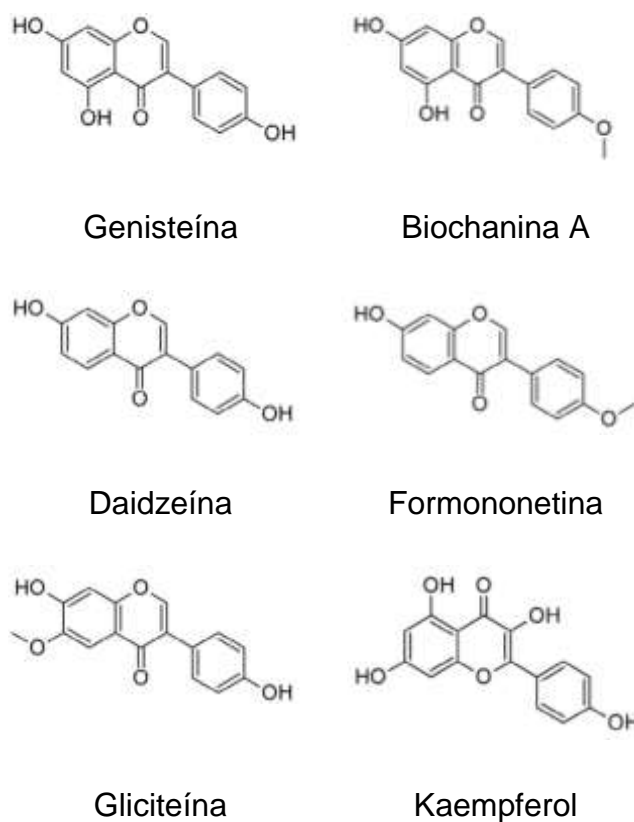


Figura 3 Flavonoides mayoritarios en soya (izq) y garbanzo (der)
(Megías et al., 2016)

La harina de garbanzo tiene propiedades tecnológicas óptimas para su uso como ingrediente funcional tales como su alta capacidad de retención de agua, su capacidad emulsionante, su capacidad espumante y de gelificación lo que lo hace idóneo para la formulación de productos. La harina de garbanzo contiene proteína bruta entre 22 a 17g/100g, lo que depende de la variedad del cultivo; en los últimos años la harina de garbanzo se ha establecido como un producto habitual en la alimentación tanto por su riqueza nutricional como por presentar un reemplazo de la harina de trigo, ideal para los enfermos celíacos por no contener gluten (Aguilera-Gutiérrez, 2009).

2.3.5 Factores anti nutricionales

Los procesos de cocción que implican la gelatinización de almidón y la desnaturalización de proteínas son importantes para la reducción de algunas sustancias antinutricionales, como los taninos condensados que inhiben la digestibilidad de las proteínas y el ácido fítico, lo que reduce la biodisponibilidad de algunos minerales esenciales y también modifica el contenido de almidón y fibra, incluyendo el de α -GOS. Un alto nivel de α -GOS (ingesta $>3\text{g/día}$), derivado del consumo de leguminosas, puede desarrollar factores negativos, debido a la fermentación microbiana en el tracto intestinal, los α -GOS al metabolizarse producen grandes cantidades de dióxido de carbono, hidrógeno, metano y ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Los α -GOS involucrados en la producción de flatulencias son la rafinosa, la estaquiosa y la verbascosa, por lo tanto, la presencia de flatulencias debidas a los α -GOS puede dar lugar a trastornos tales como diarrea y cólicos abdominales; además, pueden disminuir la energía dietética e interferir con otros nutrientes. Entre estos trastornos, la producción de flatulencias se considera el factor más importante ya que desalienta a la gente a comer garbanzos y otras legumbres (Fares and Menga, 2014).

2.3.6 Propiedades del garbanzo

El garbanzo no sólo es un alimento básico en muchos países, sino que también es una fuente barata de proteínas con muy buenas propiedades (Megías et al., 2016). Además es una buena fuente de carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales

y factores antinutricionales (alcaloides, taninos, isoflavonas, saponinas, etc.), por lo que tiene varios beneficios potenciales para la salud (Ercan and El, 2016).

Los fitoquímicos en el garbanzo se relacionan principalmente con la fibra dietética. Estos compuestos son un grupo heterogéneo de sustancias que incluyen glucosinolatos, un amplio grupo de polifenoles; en el garbanzo, los compuestos fenólicos principales incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, flavonas, isoflavonas, antocianinas y taninos condensados. Estos compuestos fenólicos tienen diversas actividades biológicas tales como antioxidación, apoptosis, antienviejamiento, anticancerígenos, antiinflamatorios, anti-aterosclerosis y protección cardiovascular (Fares and Menga, 2014).

Las saponinas son una familia importante de metabolitos secundarios (glucósidos esteroideos) ampliamente distribuidos en el reino vegetal; diversos estudios reportan que los alimentos ricos en saponinas (principalmente leguminosas), reducen los niveles de colesterol plasmático mediante su unión con el colesterol dietético o con los ácidos biliares, lo que aumenta su excreción a través de las heces. Los α -GOS del garbanzo son azúcares importantes para el crecimiento de las bifidobacterias intestinales, y como no se digieren alcanzan el colon intacto, donde son sustratos para la fermentación colónica, lo que aumenta la población de bifidobacterias en el colon, debido a la falta de la enzima α -galactosidasa en el tracto intestinal humano. Esta característica permite que los α -GOS se consideren como prebióticos, como el almidón resistente, y por lo tanto se consideran beneficiosos para la salud del lumen del colon (Fares and Menga, 2014).

2.4 Extrusión de botanas

2.4.1 Extrusión

La extrusión se ha convertido en una técnica popular de procesamiento de alimentos, sobre todo para la manufactura de productos elaborados principalmente a partir de harina de cereales o almidones (Korkerd et al., 2016). Su versatilidad y capacidad para cambiar el sabor intrínseco, la textura y las características estructurales de los productos, hacen de ésta una tecnología ampliamente utilizada

en la industria alimentaria (Shirani and Ganesharane, 2009). El proceso de extrusión presenta múltiples ventajas, la principal es que los ingredientes sufren una serie de transformaciones que se llevarían a cabo en varias operaciones unitarias como mezclado, cizallamiento, cocción, secado y texturización, Es un método de procesamiento que trabaja a alta temperatura y tiempo corto y es capaz de preservar componentes alimenticios deseables y de destruir microorganismos. La extrusión presenta como ventaja que permite elaborar alimentos con formas, colores, sabores y texturas variadas a partir de ingredientes básicos (Delgado-Nieblas et al., 2012).

La extrusión es un proceso de transformación en el que un material es forzado a fluir por una boquilla para darle una forma aplicando presión, tensión o fuerza (Beltrán-Rico and Marcilla-Gomis, 2012). La extrusión de alimentos se lleva a cabo en un biorreactor llamado extrusor, como el que se muestra en la Figura 4, aplicando alta temperatura y cortos tiempos de residencia para transformar la materia prima. La extrusión es una tecnología creciente debido a su alta capacidad de procesado en continuo y su eficiencia energética (Cárdenas-Espinosa et al., 2011). Las características físicas de los productos extrudidos se logran por las propiedades de los materiales de alimentación y por los parámetros de extrusión tales como el contenido de humedad, el diámetro del dado, la temperatura, la velocidad del tornillo y la velocidad de alimentación (Delgado-Nieblas et al., 2012).

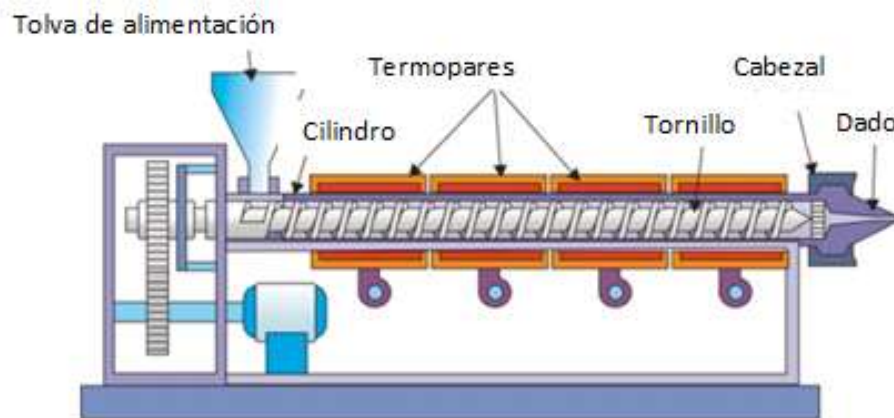


Figura 4 Esquema de extrusor de tornillo simple
(Beltrán-Rico and Marcilla-Gomis, 2012)

Existen dos tipos de extrusores que son comúnmente utilizados para la elaboración de alimentos: extrusor de tornillo simple y extrusor de doble tornillo. Los extrusores de tornillo simple son los más ampliamente usados en la industria de alimentos, en este tipo de extrusores el material es transportado por el efecto de arrastre que se produce cuando la fricción del material sobre la superficie interna del cilindro es mayor respecto a la fricción del material sobre la superficie del tornillo (Gómez-López, 2013); los extrusores de tornillo doble son utilizados para productos más específicos ya que presentan mejor capacidad de mezclado y buen tiempo de residencia y de distribución comparados con los extrusores de un solo tornillo; sin embargo, su costo es más elevado (Beltrán-Rico and Marcilla-Gomis, 2012).

Hay tres zonas principales en un extrusor, la primera es la zona de alimentación que tiene como objetivo principal compactar el alimento en forma sólida densa y transportarlo hacia la siguiente zona, bajo condiciones de temperatura y velocidad determinadas. Por otro lado, la zona de transición o zona de compresión es la zona intermedia en la que el material se compacta y conforme lo hace, el aire que pudiera quedar atrapado, escapa del material por la tolva de alimentación, además es en esta zona donde el material se “funde”. Por último, la zona de dosificado es aquella que está situada cerca de la boquilla, aquí el material fundido es homogeneizado y presurizado para forzarlo a pasar a través de la boquilla o dado. El procesamiento consiste en varias etapas incluyendo flujo de fluido, calor, transferencia de masa, corte por mezclado, reducción de la forma de partícula, fusión, texturización, caramelización, plastificación, conformado, formación, entre otras (Huq and Hossain, 2014).

2.4.2 Tecnología de extrusión

El proceso de extrusión puede realizarse en frío o en caliente. La extrusión en caliente es el proceso óptimo para la obtención de botanas, y se realiza bajo condiciones de altas temperaturas (100-180°C) y tiempos cortos (HTST, por sus siglas en inglés) (Bastos-Cardoso et al., 2007). Estas condiciones provocan que el material se convierta en un flujo viscoso debido a los esfuerzos de corte o cizalla que se combinan con la temperatura del sistema, lo que ayuda a transformar los

gránulos de almidón (gelatinización) y las estructuras proteicas (desnaturalización), en otras palabras, es indispensable combinar tiempo de residencia, temperatura y humedad, para garantizar la gelatinización del almidón, principal responsable de la expansión (Panak Balentić et al., 2018). De manera general, los cambios más importantes que sufre el material dentro del extrusor son a través del mecanismo de flujo viscoso, desarrollados en los tramos finales del tornillo, estos cambios permiten la suficiente destrucción granular del almidón, aumentando la solubilidad en agua de la fracción amilácea, provocando cambios en propiedades reológicas que aseguran la expansión de los materiales. (Aguilar-Palazuelos et al., 2012).

2.4.3 Extrusión de botanas de tercera generación (3G)

Dentro de los productos alimenticios fabricados con base en la extrusión, las botanas han venido incorporándose de manera exitosa al tipo de vida del hombre actual. La industria utiliza esta tecnología para elaborar un sinnúmero de productos dentro de los cuales están aquellos que son productos secos, conocidos en el mercado y en la industria como "*pellets*" (Arias-García et al., 2007).

Las botanas de tercera generación, también conocidas como "productos semielaborados" (*half-products*) o "*pellets*", proporcionan una alternativa respecto a las botanas directamente expandidas. Estos productos se obtienen por extrusión, a baja presión para evitar la expansión, después se secan hasta un contenido de humedad estable, para formar un *pellet* vítreo. Al ser un material seco, conserva su calidad sin deterioro durante al menos un año después de la producción, además los *pellets* requieren menos espacio de almacenamiento porque su volumen no expandido es menor que su tamaño expandido, gracias a su gran estabilidad, su almacenamiento y manipulación se facilita en gran medida, comparado con las botanas directamente expandidas, por otra parte, el sistema de producción de este tipo de botanas es económico y eficiente (Huber, 2001; Moraru and Kokini, 2003; Arias-García et al., 2007; Delgado-Nieblas et al., 2012; Tovar-Jiménez et al., 2015).

Se requiere una operación unitaria adicional para la expansión de los *pellets*. La expansión puede realizarse mediante diversos métodos de calentamiento tales como freído, inflado por aire caliente o calentamiento por microondas. En

comparación con la expansión por inmersión en aceite caliente, la expansión por aire caliente proporciona productos que tienen bajo contenido de aceite y son relativamente baratos y fáciles de preparar en casa. En comparación con la expansión por microondas, el inflado por aire caliente es una tecnología relativamente nueva, que permite obtener botanas de buena textura y aceptabilidad (Bastos-Cardoso et al., 2007; Panak Balentić et al., 2018).

2.4.4 Extrusión de alimentos con proteína

Las proteínas influyen en la expansión debido a su capacidad de afectar la distribución del agua en la matriz y su estructura macromolecular y conformacional, lo cual afecta las propiedades extensionales de las masas fundidas extrudidas. Sucede que las fracciones de almidón y proteína compiten por el agua disponible en la matriz, esto altera las propiedades viscoelásticas retrasando la gelatinización del almidón lo que genera una menor humedad y por consiguiente una menor expansión (Shirani and Ganesharane, 2009).

Chaiyakul et al. (2009) estudiaron los efectos fisicoquímicos de la adición de proteínas en un extrudido directamente expandido (botana de segunda generación), elaborado con harina de arroz, gluten de trigo y sémola de soya. Los autores observaron que la adición de proteína a los extrudidos almidonados redujo tanto la expansión de los productos como la extensibilidad del polímero de almidón durante su expansión en la salida del troquel y que la dureza del extrudido estaba fuertemente influenciada por el contenido de proteína. Los investigadores concluyeron que el aumento del contenido de proteína en el material de alimentación produjo un producto menos expandido y una red más rígida, resultando en una mayor resistencia a la cizalladura.

Un estudio en el que se utilizaron diferentes concentraciones de garbanzo, arroz y fenogreco para elaborar un extrudido directamente expandido (botana de segunda generación), mostró una mayor retención de humedad en el producto extrudido elaborado con 100% de garbanzo, este efecto fue atribuido al aumento en el contenido proteico a medida que aumentó la proporción de garbanzo en la mezcla (Shirani and Ganesharane, 2009).

Muchos estudios realizados demuestran que la influencia de la cantidad de almidón adicionado es determinante para la elaboración de productos extrudidos, ya que el almidón presenta las mejores características para su elaboración (Arias-García et al., 2007). La adición de ingredientes alternativos con altos contenidos de fibra o proteína afecta significativamente la textura, expansión y aceptabilidad general del producto extrudido, lo que hace que la extrusión no sea fácil (Korkerd et al., 2016).

Se han realizado algunos estudios para la obtención de botanas de tercera generación, sin embargo, ninguno reporta la adición de proteína. Bastos-Cardoso et al., (2007), elaboraron una botana de tercera generación a partir de almidón de maíz y papa; Camacho-Hernández et al., (2014) y Navarro-Cortez et al., (2014), elaboraron una botana de tercera generación con maíz azul y almidón de maíz, Tovar-Jiménez et al., (2015), elaboraron una botana de tercera generación a partir de almidón de papa, harina de maíz nixtamalizada y harina de bagazo de naranja. Para las investigaciones anteriores, se utilizó la expansión por microondas, la más ampliamente usada y reportada como alternativa a la expansión por fritura. Actualmente, no existe en el mercado un producto similar al desarrollado en esta investigación, mismo que puede compararse con la botana comercial existente, no sólo en textura y sabor, sino también en precio y accesibilidad, no obstante, se logró mejorar la calidad nutricional a través de un producto con mayor contenido de proteína y menor contenido de grasa y sodio que los de la botana de tercera generación que actualmente se encuentra en el mercado, a través de la tecnología de extrusión y la expansión por aire caliente.

3. JUSTIFICACIÓN

Tener productos altamente consumidos como las botanas, pero de poco aporte nutrimental, es una de las principales razones por las cuales la industria de alimentos debe desarrollar productos que incluyan ingredientes que proporcionen no sólo saciedad, accesibilidad y facilidad de consumo, sino también beneficios a la salud.

Con el reemplazo de ingredientes tradicionales, como el almidón, por leguminosas tales como garbanzo que es rico en proteínas, se busca desarrollar una botana saludable y funcional, que adicionalmente sea baja en grasa y contenga menor cantidad de sodio que una botana convencional.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis

La extrusión permitirá obtener botanas de tercera generación enriquecidas con leguminosas (garbanzo), que sean aceptadas sensorialmente por el consumidor y que tengan un menor contenido de grasa y sodio.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo General

Desarrollar una botana de tercera generación enriquecida con leguminosas (garbanzo), aceptada sensorialmente por el consumidor, y que sea baja en grasa y sodio.

4.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las tendencias de consumo de botanas y los atributos deseados por los consumidores, a este tipo de productos.
- Conocer las preferencias de los consumidores respecto a las botanas, usando encuestas y análisis sensoriales.
- Evaluar el efecto de la temperatura de extrusión, velocidad del tornillo, concentración de garbanzo y humedad del material de alimentación, en las propiedades fisicoquímicas de las botanas de tercera generación.
- Determinar las condiciones de proceso para obtener botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo, de buena calidad fisicoquímica.
- Evaluar la aceptabilidad de las botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo, mediante un panel sensorial.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materia prima

Se utilizó harina de trigo, fécula de maíz, sal, azúcar y emulsificante adquiridos en Querétaro, Qro., harina de garbanzo pregelatinizada adquirida en Nuevo León, Mty., y almidón modificado adquirido en Ciudad de México.

5.2 Acondicionamiento de muestras

La sal y el azúcar se molieron de manera individual en un molino casero para café (marca Krups, modelo GX410011), posteriormente se colocaron en bolsas plásticas con zipper y se almacenaron en refrigeración a 4°C. Las harinas de trigo y garbanzo, así como los almidones, se almacenaron en bolsas plásticas en refrigeración a 4°C, hasta su uso.

Los ingredientes se mezclaron en distintas proporciones para obtener botanas de tercera generación a base de trigo y enriquecidas con garbanzo. Una vez preparadas las mezclas, éstas se homogeneizaron perfectamente y se colocaron en bolsas de plástico.

5.3 Obtención de botanas de 3ª generación a base de trigo

5.3.1 Elaboración de mezclas

Para la elaboración de mezclas se tomó como referencia la patente No. 5124161 (Lengerich and Lou, 1992). Las mezclas se elaboraron conforme a lo reportado en la Tabla 7.

Tabla 7 Formulación general de botanas de tercera generación

Ingrediente	Proporción (%)
Harina de trigo	50-85
Almidón	0-15

Agua	13-50
Azúcar	0-12
Sal	0-4
Emulsificante	0-1

(Lengerich and Lou, 1992)

Los experimentos realizados en la elaboración de mezclas permitieron establecer una formulación base para la obtención de botanas de tercera generación a base de trigo, por dos procesos, el tradicional y por extrusión.

5.3.2 Botanas a base de trigo obtenidas por método tradicional

Para la obtención de botanas de trigo por el método tradicional, se utilizó harina de trigo, fécula de maíz, azúcar, sal y emulsificante. Los ingredientes cernidos se añadieron poco a poco a un recipiente con exceso de agua y se mezclaron hasta total incorporación. Obtenida la mezcla uniforme y sin grumos, se vertió sobre un sartén de teflón y se comenzó a cocer. La mezcla se coció hasta obtener una pasta consistente, homogénea, sin grumos, de apariencia lisa y textura suave (Figura 5).



Figura 5 Apariencia de la pasta obtenida por proceso tradicional. (Fuente: Imagen propia)

La pasta se dejó reposar hasta que disminuyera su temperatura, una vez a temperatura ambiente, la pasta se laminó utilizando una máquina para hacer pasta (Marcato), con la que se obtuvieron láminas de 2mm de espesor (Figura 6) que se cortaron con un cortador de aluminio cuadrado de aproximadamente 1.5 cm².



Figura 6 Pasta laminada. (*Fuente:* Imagen propia)

Los cuadros obtenidos se deshidrataron a 52 °C durante 24 h (Figura 7).



Figura 7 Producto deshidratado (*Pellets*). (*Fuente:* Imagen propia)

5.3.3 Optimización de botanas obtenidas por método tradicional

5.3.3.1 Determinación del efecto del emulsificante

Se realizó con forme a lo reportado por Lengerich and Lou, (1992). Se elaboraron cuatro muestras, tres con emulsificante y una sin emulsificante (control). Los tratamientos con emulsificante se codificaron con las siglas MEG, para el monoestearato de glicerilo; MG, para el monoglicérido al 90% y ELS para el esteroil lactilato de sodio, mientras que el tratamiento sin emulsificante se codificó con las siglas SE.

Para la obtención de las botanas, inicialmente se realizó una pre-mezcla del emulsificante con el 10% del total de harina de trigo utilizada. La pre-mezcla se incorporó al resto de los ingredientes en polvo. Los ingredientes cernidos se añadieron poco a poco a un recipiente con exceso de agua y se mezclaron de

manera constante hasta incorporar completamente. La mezcla se coció hasta obtener una pasta consistente, homogénea, sin grumos, de apariencia lisa y textura suave, que no se pegaba en el sartén. La pasta se dejó reposar a temperatura ambiente y se laminó utilizando una máquina para hacer pasta (Marcato), con la que se obtuvieron láminas de 2mm de espesor, que se cortaron con un cortador de aluminio cuadrado de aproximadamente 1.5 cm². Los cuadros obtenidos se deshidrataron a 52°C durante 24 h, para la obtener los *pellets* que posteriormente serían expandidos.

5.3.4 Equipo extrusor de tornillo simple para alimentos

Para la elaboración de botanas de trigo de tercera generación se utilizó un extrusor diseñado y construido en el Laboratorio de Mecatrónica del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN), Querétaro, México, con dos zonas de calentamiento independientes. El extrusor consta de una etapa de transmisión, una etapa de alimentación, una etapa de transporte y cocimiento y una etapa de formado. La etapa de transmisión corresponde a un motor-reductor de 5HP conectado a un variador de velocidad que permite controlar la velocidad desde 2 rpm hasta 70 rpm. La etapa de alimentación corresponde a una tolva rectangular por donde se introduce el material al extrusor. La alimentación es en forma manual, lo que permite manejar materiales con diferentes proporciones de humedad. La etapa de transporte y cocimiento corresponde a un tornillo sinfín con una longitud entre canales de 18 mm, una profundidad de canal de 3 mm, una relación L/D de 21 y un diámetro de 21 mm. El tornillo sinfín está dentro de una camisa en donde se colocan resistencias eléctricas para controlar la temperatura. El arreglo de las resistencias permite tener dos zonas de calentamiento independientes, controladas por un medidor de temperatura para cada zona. La etapa de formado corresponde a un dado de salida el cual consiste en una placa metálica circular con una ranura de 3mm de ancho por 15 mm de largo. Las temperaturas de ambas zonas de calentamiento se modificaron de acuerdo al diseño experimental (Tabla 8). El extrusor utilizado se muestra en la Figura 8.



Figura 8 Extrusor de tornillo simple, de propósito general para alimentos. (*Fuente:* Imagen propia)

5.4 Obtención de botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo

Para la elaboración de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo, se utilizó el extrusor manufacturado en CICATA-IPN, Querétaro, bajo las mismas condiciones usadas para la elaboración de botanas a base de trigo. Las variables de proceso (temperatura en ambas zonas de calentamiento, humedad del material de alimentación y cantidad de garbanzo), se modificaron de acuerdo a un diseño experimental fraccional fraccionado (Tabla 9) y con los resultados obtenidos se realizó un diseño factorial (Tabla 10).

5.5 Proceso de expansión

Los *pellets* extrudidos se expandieron en una máquina Sunbeam, modelo FPSBPP7052 que funciona con una turbina que genera aire caliente a una velocidad de 2 m/s, a una temperatura de 220 °C durante 20-30 s de exposición al flujo turbulento.

5.6 Métodos analíticos

5.6.1 Aplicación de estrategias de innovación (Design Thinking y Lean Startup)

Para establecer la estrategia para el desarrollo del producto, se aplicaron algunos de los principios de las metodologías de *Design Thinking* y *Lean Startup*. La primera fase de ambas metodologías consiste en conocer a los consumidores, este proceso permite identificar las necesidades de los usuarios o problemas que necesitan solución, así como la segmentación del mercado, por lo que se realizaron una serie de encuestas.

El desarrollo de un producto innovador se suscita por las mejoras que el mismo implica durante diferentes fases del proceso, por lo que no siempre es lineal. Al tratarse de innovación incremental, en el presente trabajo se buscó mejorar las características nutricionales de una botana de tercera generación, a través de la adición de garbanzo. La herramienta *Lean Canvas* se utilizó con el objetivo de diseñar e innovar el producto ya mencionado, gracias a la construcción del modelo canvas (Apéndice 1, Formato 5).

5.6.1.1 Encuestas

5.6.1.1.1 Identificación del usuario y sus necesidades

Se aplicó la técnica de investigación de análisis conjunto, que consiste en conocer el valor de un producto, de acuerdo a lo que el consumidor prefiere sobre ciertas características o atributos del mismo (van Kleef et al., 2005). Se describieron factores con los que los consumidores están familiarizados a través de sencillas preguntas como, ¿Usted consume botanas?, Para usted, ¿qué es una botana y qué características debe tener?, ¿Con qué frecuencia consume botanas?, ¿Qué tipo de botanas prefiere?, ¿Qué sabor de botanas prefiere?, ¿Qué forma prefiere que tengan las botanas?, ¿En qué basa su elección de compra?, ¿Qué presentación prefiere comprar?, ¿Cuál momento es su preferido para consumir botanas?, limitando cada pregunta a cuatro niveles o posibles respuestas.

5.6.1.1.2 Elaboración y evaluación de prototipos

5.6.1.1.2.1 Comparación de pares

Dos formulaciones con diferente concentración de garbanzo se sometieron a una prueba discriminativa, de diferenciación conocida como comparación de pares. La prueba se realizó con una muestra de 50 personas, mayores de 18 años, de ambos géneros, estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro (Formato 2, Apéndice 1). Los resultados se analizaron con el programa estadístico Minitab 17.1.0 (versión de prueba), a través de una prueba de T de Student.

5.6.1.1.2.2 Escala hedónica

Se aplicó un análisis sensorial utilizando la técnica de prueba de satisfacción, mediante una escala hedónica de 9 puntos, para ubicar el nivel de preferencia de la botana formulada en experimentos previos, con respecto a la botana comercial que se definió como control (Meilgaard et al., 2006). La encuesta se realizó con 51 personas, mayores de 18 años, de ambos géneros, estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro, la escala hedónica utilizada se muestra en la Figura 9, y el formato que se les entregó en el Apéndice 1 (Formato 3).

9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
	Me gusta
7	moderadamente
6	Me gusta poco
	No me gusta ni me
5	disgusta
4	Me disgusta poco
	Me disgusta
3	moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Figura 9 Escala hedónica de nueve puntos

5.6.1.2 Brainstorming

Como parte inicial del proyecto, se elaboró una lluvia de ideas, mejor conocida como “*brainstorming*”, técnica desarrollada por Alex Osborn. Dicha herramienta permite potenciar la creatividad enfocándola a un objetivo (Legaz Pérez et al., 2017), es una de las técnicas más ampliamente conocidas y aplicadas para el desarrollo de ideas.

Conforme a lo anterior, se estableció un conjunto de factores para el desarrollo del producto, que se muestra en la Figura 10.



Figura 10 *Brainstorming* para el desarrollo de una botana de tercera generación, con leguminosa.

(Fuente: Elaboración propia)

5.6.1.3 Benchmarking

Se realizó un “*benchmarking*”, también conocido como comparación referencial, mediante la aplicación de la metodología de *Design Thinking*, o diseño centrado en el usuario. Esta metodología es una herramienta que permite conocer y dimensionar “lo que el usuario quiere” a través de tres fases, deseabilidad, factibilidad y viabilidad (Figura 11), por medio de las cuales las ideas se reflejan en soluciones reales (Design Kit: The Human-Centered Design Toolkit).



Figura 11 Fases del *Design Thinking* (Fuente: Elaboración propia)

El producto puede cumplir con la deseabilidad, si cubre una serie de factores que satisfacen las demandas del usuario, mismas que son definidas por éste cada vez que decide realizar una compra, algunas de ellas son, accesibilidad, precio, variedad y disponibilidad. En cuando a viabilidad, se observó que las botanas de tercera generación o frituras se venden por comerciantes informales, es común encontrarlas en lugares concurridos como plazas públicas, parques o escuelas ofrecidas por quienes ejercen este tipo de comercio, de manera que las botanas cumplen con ser accesibles y disponibles para los usuarios de estos lugares. Por otra parte, en México las únicas botanas de tercera generación conocidas, comercializadas y consumidas son las frituras de harina de trigo, es por ello que para el estudio de mercado se realizó un desglose de los factores mencionados con anterioridad entre la parte de usuario, la parte comercial y la parte tecnológica, infiriendo así dos tipos de competencia, la competencia directa, es decir, botanas de tercera generación (*pellets* o frituras) y la competencia indirecta, en otras palabras, el resto de las botanas (primera y segunda generación).

5.6.2 Caracterización bromatológica

El análisis bromatológico se realizó en las materias primas y en la botana de tercera generación obtenida por extrusión enriquecida con garbanzo.

5.6.2.1 Contenido de humedad

Se usó el método 925.23 de la AOAC (2000). Se colocaron 3 g de muestra en una cápsula de porcelana tarada a peso constante que se introdujo en un horno durante 3 horas a 105 °C. Después del secado, se transfirió la cápsula a un desecador para enfriarlo. La cápsula se pesó nuevamente con la muestra seca. El análisis se realizó por triplicado.

El contenido de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 1 Contenido de humedad

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Dónde:

P_i = peso (g) de la muestra antes de secarse

P_f = peso (g) de la muestra después de secarse

5.6.2.2 Cenizas

Se colocaron 5 g de muestra en un crisol tarado a peso constante. El crisol se calentó sobre la llama baja de un mechero Bunsen usando una tapa con el fin de evitar proyecciones y pérdidas de la muestra. Cuando ya no se produjeron vapores, se colocó el crisol con la tapa en la mufla, previamente calentada a 550°C durante 6 h. Transcurrido el tiempo, el crisol se enfrió en un desecador y se registró el peso (Método 936.07 de la AOAC, 2000).

Nota: La muestra debía tener un color blanco o ligeramente gris, para considerar que su combustión fue completa. El análisis se realizó por triplicado.

El contenido de cenizas se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 2 Contenido de cenizas

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

5.6.2.3 Grasas

Se pesaron entre 3 y 5 gramos de muestra en un cartucho previamente tarado a peso constante. El cartucho se tapó con algodón y se introdujo en el cuello de un matraz bola, tarado a peso constante. En el matraz bola se añadieron 100 mL de éter de petróleo. El aparato Soxhlet se conectó con el refrigerante a través de mangueras y se encendió el equipo para permitir la recirculación de agua. Se mantuvo el equipo frío y se calentó la muestra hasta obtener un caudal de aproximadamente 150 gotas/min. El solvente se evaporó al calentar la muestra. Se incubó el matraz a 80-90°C hasta que el disolvente se evaporó por completo y el contenido estuvo seco. Después del secado, se transfirió el matraz al desecador para enfriarlo. El matraz se pesó y se determinó el contenido de grasa por diferencia de peso (Método 996.01 de la AOAC, 2000).

El análisis se realizó por triplicado.

El contenido de grasa se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 3 Contenido de grasa

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{\text{Peso de grasa}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

5.6.2.4 Proteína

Se utilizó la metodología 992.23 de la AOAC (2000). Se colocaron 0.5 a 1 g de muestra en un tubo de digestión y se adicionaron los catalizadores correspondientes y 15 ml de H₂SO₄ concentrado. Se dejó un tubo para el blanco y el resto con la muestra. Los frascos se colocaron en posición inclinada y se calentó suavemente hasta observar un burbujeo constante, se calentó la solución hasta obtener una

coloración verde claro. Los tubos se enfriaron y se adicionaron cuidadosamente 60 ml de agua destilada. El tubo de destilación se conectó con la bomba de digestión en el condensador y con la punta del condensador sumergida en ácido estándar más 5 a 7 gotas de indicador, mezclando en el receptor. El frasco se rotó para mezclar bien el contenido; después se calentó hasta que todo el NH₃ se destiló. Se retiró el receptor y la punta de lavado del condensador y se tituló el exceso de ácido estándar destilado con solución de NaOH estándar (Método Kjeldahl, AOAC, 2000).

El contenido de proteína se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 4 Contenido de proteína

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{(A - B) \times N \times 14.007 \times FC}{P}$$

Dónde:

A = volumen (ml) del HCl 0.2N usado en la titulación de la muestra

B = volumen (ml) de HCl 0.2N usado en la titulación del blanco

N = normalidad del HCl

FC = Factor de conversión de nitrógeno a proteína

P = peso (g) de la muestra

14.007 = peso atómico del nitrógeno

5.6.3 Caracterización de propiedades fisicoquímicas de las botanas

5.6.3.1 Índice de expansión de botanas

El índice de expansión (IE) se determinó utilizando el método reportado por Penfield and Campbell, (1990). Se utilizó un recipiente hexagonal de fondo plano del cual se determinó su volumen usando semilla de mijo, a través de la relación de peso y densidad de la semilla. Se colocó el recipiente de volumen conocido dentro de una

charola de aproximadamente 15cm de altura en la que se recolectó la semilla de mijo.

Para calcular el índice de expansión, se pesaron los *pellets* sin expandir. Posteriormente se colocó una capa de semillas de mijo en el recipiente de volumen conocido, después una capa de producto y otra capa de mijo. El proceso se repitió hasta que se introdujo todo el producto, la última capa colocada siempre corresponde a mijo. El recipiente se llenó hasta el tope (siempre de la misma manera). La semilla se niveló pasando una lámina plana a través de la parte superior del recipiente (siempre de la misma manera). Se midió el volumen de la semilla que cayó. El proceso se repitió para los expandidos.

El grado de expansión se determinó restando el volumen inicial, al volumen final y dividiendo éste entre el volumen inicial, tal cual se muestra en la siguiente expresión.

Ecuación 5 Índice de expansión

$$IE = \frac{V_f - V_i}{V_i}$$

Dónde:

V_f = Volumen de las semillas de mijo que se desplazan al introducir los expandidos.

V_i = Volumen de las semillas de mijo que se desplazan al introducir los *pellets*.

5.6.3.2 Densidad aparente de botanas

La densidad aparente (DA) se determinó mediante el método de desplazamiento de volumen. Se pesó la cantidad de extrudidos necesarios para llenar un recipiente de 250 ml. Los extrudidos se añadieron aleatoriamente al recipiente y el recipiente se agitó 5 veces durante el llenado. Para encontrar la densidad aparente del producto, se dividió el peso los extrudidos entre su volumen, los resultados se registraron en kg/m^3 (Penfield y Campbell, 1990).

5.6.3.3 Dureza y crujencia

La dureza y la crujencia de los extrudidos se determinó usando un texturómetro, TA. XT Plus (Alemania), mediante una prueba de punción (Rodríguez-Vidal et al., 2016). Se utilizó una sonda cónica de 30° (TA-17), a una velocidad de 2 mm/s y una distancia de penetración de 1mm, con una fuerza de contacto de 0.5 N. La dureza en N se determinó midiendo la fuerza máxima requerida para romper las muestras. La crujencia se determinó contando el número de picos que resultaron de la fractura de las botanas, durante el ensayo.

5.6.3.4 Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua

El índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad de agua (ISA) se determinaron de acuerdo al método descrito por Anderson (1969), con algunas modificaciones. Se pesó 1 g de las botanas de tercera generación, previamente molidas y tamizadas (malla 60 US 250 μ). Las muestras se colocaron en tubos cónicos para centrifuga, de 15 ml, se añadieron 10 mL de agua destilada, los tubos se agitaron durante 1 minuto en un vórtex. Posteriormente, se colocaron en un baño maría a 30 °C y 70 rpm, durante 30 minutos y se centrifugaron a 6000 rpm durante 10 min, a 25 °C. El sobrenadante se decantó y evaporó para determinar su contenido de sólidos, se pesó el residuo de centrifugación y el residuo de evaporación. El IAA y el ISA se calcularon de acuerdo a las ecuaciones (6) y (7), respectivamente.

Ecuación 6 Índice de absorción de agua

$$IAA = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporación}}$$

Ecuación 7 Índice de solubilidad de agua

$$ISA = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Peso de la muestra}}$$

5.6.4 Caracterización de propiedades microestructurales de las botanas

5.6.4.1 Microscopía electrónica de barrido

Los productos extrudidos se cortaron en secciones de aproximadamente 2-3 mm de tamaño. Los trozos se pegaron con plata coloidal sobre porta muestras de aluminio de 25 mm de diámetro, tipo pin, y se examinaron utilizando un microscopio electrónico de barrido ambiental *Phenom Pro* (Phenom World BV, The Netherlands), que se acondicionó para trabajar en módulo de bajo vacío, con un detector de electrones con 5 kV de aceleración. Las imágenes se tomaron a 300x.

5.6.5 Diseño de experimentos

5.6.5.1 Diseño experimental para botanas de 3ª generación a base de trigo

Se realizó un diseño factorial, 3^2 , en donde la variable independiente fue la temperatura de extrusión, en las zonas de calentamiento A y B, del extrusor. Para cada zona de calentamiento se establecieron tres niveles de variación. El diseño factorial (Tabla 8) se corrió en el programa estadístico Minitab 17.

Tabla 8 Diseño de experimentos factorial para obtención de botanas a base de trigo

Tratamiento	Temperatura zona A (°C)	Temperatura zona B (°C)
4	90	100
1	80	100
8	100	110
9	100	120
6	90	120
7	100	100
3	80	120
5	90	110

2	80	110
---	----	-----

(Fuente: Elaboración propia)

5.6.5.2 Diseño experimental para botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo

En base a los experimentos realizados en la obtención de botanas de 3ª generación a base de trigo, se establecieron los parámetros para un diseño experimental factorial fraccionado, con cuatro variables independientes, temperatura en zona A, temperatura en zona B, contenido de humedad del material de alimentación y porcentaje de garbanzo. El diseño experimental (Tabla 9) se corrió en el programa estadístico Minitab 17.1.0 (versión de prueba), cada tratamiento se realizó por duplicado.

Tabla 9 Diseño de experimentos factorial fraccionado para la obtención de botanas a base de garbanzo

Tratamiento	Temperatura zona A (°C)	Temperatura zona B (°C)	Humedad (%)	Garbanzo (%)
10	100	110	50	25
9	80	110	50	35
1	100	110	60	25
12	80	110	50	25
3	80	120	60	25
13	90	115	55	30
11	80	120	50	25
15	90	115	55	30
7	80	120	60	35
14	90	115	55	30

2	100	120	50	35
4	100	110	60	35
5	100	120	50	35
6	100	120	60	25
8	80	110	60	35

(Fuente: Elaboración propia)

5.6.5.3 Diseño experimental para botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo. Estandarización

En base a los experimentos realizados en la obtención de botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo, se establecieron los parámetros para un diseño experimental factorial 3^2 con un arreglo aleatorizado, en el que se evaluaron dos variables independientes, temperatura de procesamiento y contenido de humedad del material de alimentación. El diseño experimental (Tabla 10) se corrió en el programa estadístico Minitab 17.1.0 (versión de prueba), cada tratamiento se realizó por duplicado.

Tabla 10 Diseño de experimentos factorial para la obtención de botanas a base de garbanzo

Tratamiento	Temperatura de procesamiento (°C)	Humedad del material de alimentación (%)
1	100	60
2	100	80
3	110	60
4	110	80
5	120	60
6	120	80

(Fuente: Elaboración propia)

5.6.6 Optimización del proceso de elaboración de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo

Para la optimización del proceso de elaboración de botanas con garbanzo, se aplicó la metodología de superficie de respuesta, como técnica para conocer el efecto que presentaron las variables del proceso de extrusión (temperatura y humedad del material de alimentación), sobre las variables respuesta, es decir, sobre las características fisicoquímicas relacionadas con la aceptabilidad del producto (índice de expansión, densidad aparente y textura). Una vez obtenido el modelo se incluyeron las intercepciones, los coeficientes lineales e interacciones de cada variable respuesta obtenidos en los análisis de regresión. Los términos no significativos ($p \leq 0.05$) se eliminaron y se recalculó un nuevo polinomio (modelo de predicción) para cada una de las variables respuesta de interés. Los gráficos de contorno de cada una de las variables respuesta se utilizaron a través de la metodología de superposición de superficies, para la observación y selección de la mejor combinación de humedad del material de alimentación y temperatura del extrusor, para la elaboración de botanas de tercera generación. Para llevar a cabo estas operaciones se utilizó el programa Minitab 17.1.0 (versión de prueba).

5.6.6.1 Evaluación sensorial de las botanas de tercera generación obtenidas por el proceso de optimización del producto

La evaluación sensorial de los extrudidos se llevó a cabo a través de una prueba de preferencia pareada aleatorizada, también conocida como comparación de pares. Dos formulaciones obtenidas con diferentes condiciones de procesamiento (una de ellas a través del proceso de optimización) fueron evaluadas por un panel no entrenado de 50 jueces, mayores a 18 años, de ambos géneros, a los cuales se les pidió que evaluaran tres atributos sensoriales de cada muestra (dureza, crujencia y aceptabilidad general), y seleccionaran la botana de su preferencia (Formato 2, Apéndice 1). Los resultados se analizaron con el programa estadístico Minitab 17.1.0 (versión de prueba), a través de una prueba de T de Student.

5.6.6.2 Tabla nutrimental

Se elaboró la etiqueta del producto, de acuerdo a las especificaciones establecidas en la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria, para una porción de 30g, tamaño reportado por la FDA.

5.6.6.3 Corrida financiera

La introducción de nuevos productos en el mercado es uno de los objetivos de las empresas, quienes emplean la administración financiera como herramienta para lograr sus objetivos (Castro et al., 2014). La corrida financiera se realizó para determinar el costo del producto final, para el cual se consideró una fijación de precios con base en el mercado (FAO).

El precio del producto del presente estudio se comparó con las botanas comerciales del *benchmarking*, para 100 g de producto.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Aplicación de estrategias de innovación

6.1.1 Encuestas

6.1.1.1 Identificación del usuario y sus necesidades

La aplicación de encuestas se realizó en base a la técnica de análisis conjunto. Los objetivos fueron identificar las preferencias que tienen los consumidores de botanas comerciales, identificar cómo influyen determinados factores sobre sus preferencias de consumo de botanas y finalmente, identificar sus necesidades como consumidores de estos productos. El formato de encuesta (Apéndice 1, Formato 1) se entregó a 52 personas, mayores de 18 años, de ambos géneros, con diversas ocupaciones y residentes de la ciudad de Querétaro, la aplicación de encuestas se llevó a cabo en la plaza comercial Hilvana, ubicada en Prolongación Ignacio Zaragoza 80, El Rosario, 76177 en la ciudad de Querétaro.

El análisis conjunto demostró qué atributos son los de mayor importancia, en la preferencia de consumo de botanas, para los encuestados. Los resultados obtenidos se describen a continuación.

En la Figura 12, se observa que el mayor porcentaje de población encuestada se encuentra en el rango de edad de 18-23 años, con un 35%; seguido por las personas de 35 o más años, con un 33%.

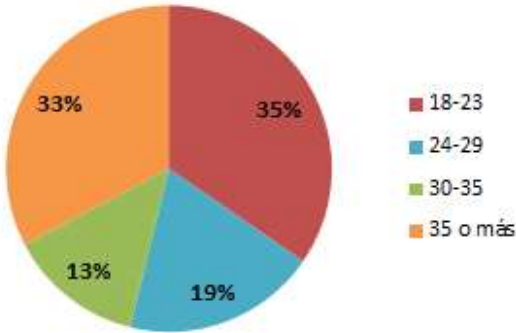


Figura 12 Edad de los encuestados

En la Figura 13 se observa que del total de la población encuestada, el 63% de los encuestados cuenta con licenciatura, seguido por un 27% de personas que cuentan con preparatoria.

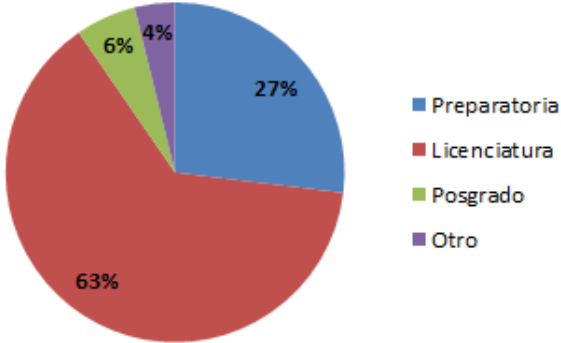


Figura 13 Nivel de estudio de los encuestados

En la Figura 14 se observa que, del total de las personas encuestadas, el 96% consume botanas. En 2015, se reportó que en el 97% de los hogares mexicanos se consumían botanas, para 2018, de acuerdo a un estudio realizado por Kantar

Worldpanel, el 90% de los hogares mexicanos consumieron papas fritas, a pesar de que en este estudio no se incluye el resto de las botanas, el porcentaje de consumo de aquellas que sí se reportaron es muy alto y cercano a los resultados de la encuesta realizada en el presente trabajo.

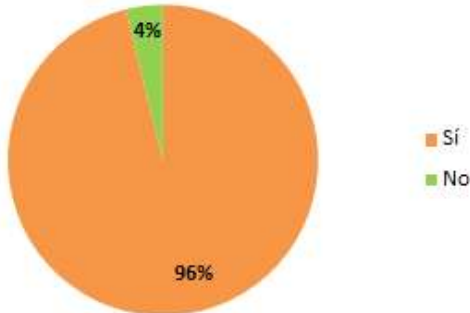


Figura 14 Consumo de botanas

En la Figura 15 se observa que, del total de los encuestados, el 50% consume botanas semanalmente, seguido por un 25% que las consume quincenalmente, el resto de los encuestados consume botanas con menor frecuencia.

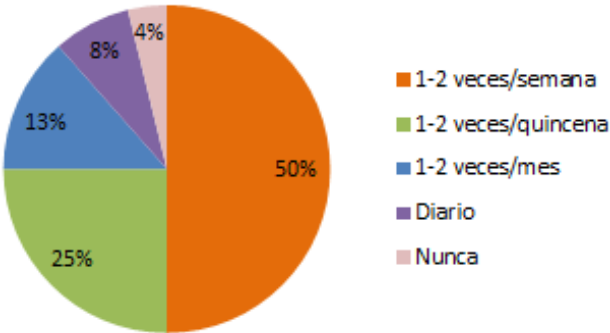


Figura 15 Frecuencia de consumo de botanas

En la Figura 16 se muestra que, el 47% de las personas consume botanas de papa, el 34% prefiere las botanas de maíz, el 10% de los encuestados dijo preferir botanas de trigo, y el resto de la población prefieren botanas de otro tipo de ingredientes, como soya. Un estudio realizado por Kantar Worldpanel (2018), indicó que las botanas consumidas son 58% de maíz, 29% de papa, 4% de harina de trigo y 9% de otros ingredientes, en ambas encuestas se observó que las botanas trigo ocupan en el tercer lugar de consumo.

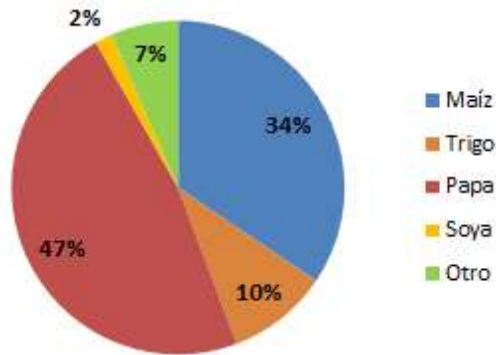


Figura 16 Preferencia del consumidor sobre el tipo de botana consumida

El 74% de las preferencias se inclinan por el sabor chile con limón y sal para las botanas, seguido de un 14% que prefiere el sabor queso cheddar, el resto de los encuestados prefieren otros sabores (Figura 17).

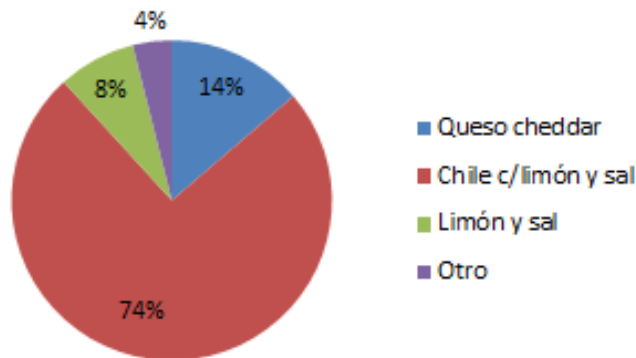


Figura 17 Preferencia del consumidor sobre el sabor de botanas

La Figura 18 muestra que, del total de los encuestados, el 31% prefiere una botana con forma cuadrada, el 30% con forma triangular, el 26% con forma circular y el resto con forma cilíndrica.

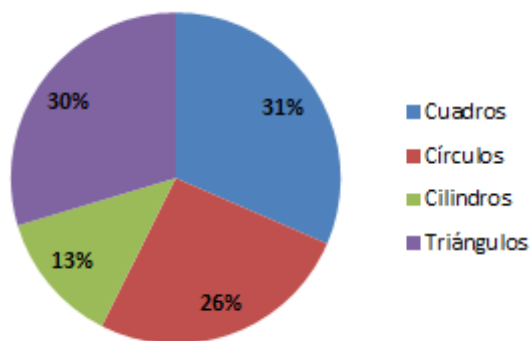


Figura 18 Preferencia del consumidor sobre la forma de botanas

La elección de compra de los consumidores se basa principalmente en el sabor del producto (71%), el aporte nutrimental (11%), la marca (9%) y el precio (9%). Es importante hacer notar que, a pesar de que el consumidor busca nuevas opciones de alimentos saludables, al momento de la elección de compra de este tipo de productos, considera de mayor importancia el sabor (Figura 19).

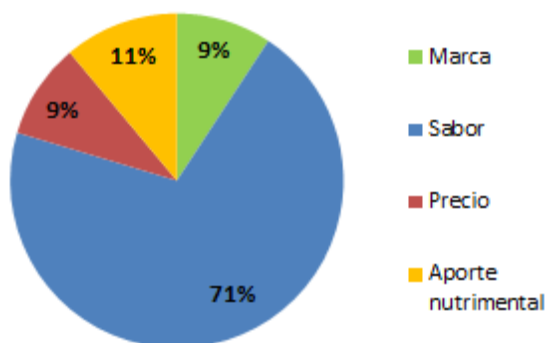


Figura 19 Atributos del producto sobre la elección de compra del consumidor

El 73% de las personas prefiere adquirir las botanas en la presentación de empaque individual, el 21% prefiere el familiar y el 6% compra cajas con empaques individuales (Figura 20).

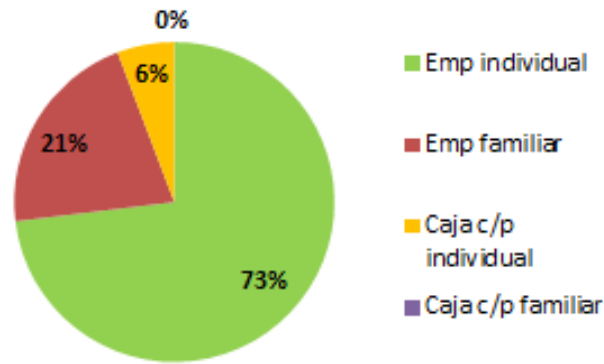


Figura 20 Preferencia del consumidor sobre el tipo de empaque

El momento preferido para el consumo de botanas se presenta en la Figura 21. Se observa que, del total de los encuestados, el 51% consume botanas viendo TV o películas; el 25% en reuniones; el 13% en establecimientos y el 11% en la escuela o trabajo.

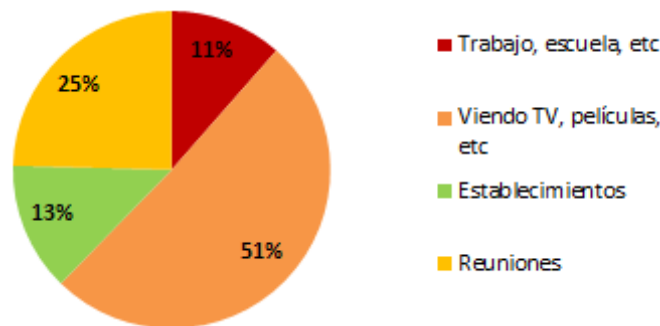


Figura 21 Momento de consumo de botanas preferido por el consumidor

En el formato de encuesta (Apéndice 1, Formato 1), se incluyeron algunas preguntas abiertas, La ocupación de la mayoría de los encuestados fue empleados y profesionistas, seguidos por estudiantes. Respecto a las características que debe cumplir una botana, los encuestados coinciden en que se trata de un “alimento” que quita el hambre, que es poco saludable, que tiene un buen sabor (salado principalmente) y que es frito. Por otro lado, se les preguntó qué mejorarían del producto (botana) que más consumen, los encuestados respondieron que la cantidad de producto y el aporte nutrimental, es decir, más producto en el empaque y en cuanto a aporte nutrimental, se refirieron al gran contenido de grasa, de calorías

y de sal que contienen las botanas y recalcaron que sería importante su disminución por los problemas de salud relacionados con su consumo.

La técnica de análisis en conjunto que se utilizó para la elaboración de las encuestas permitió conocer qué atributos son los más importantes para el consumidor de botanas. Del total de los encuestados el 96% consume botanas, esto refleja el impacto de este tipo de productos sobre los hábitos alimenticios de la población, por lo que el proyecto a realizar es positivamente viable por dicha razón. La frecuencia de consumo de este tipo de productos es mayormente semanal, seguido de una frecuencia quincenal. Las personas que consumen botanas lo hacen fijando sus elecciones de compra de acuerdo al sabor de la botana, siendo el más consumido el de “chile con limón y sal”. El tipo de botanas más consumidas son a base de papa, seguido de maíz; estos productos se adquieren principalmente en presentación individual y se consumen con mayor frecuencia viendo TV, películas, etc., seguido del consumo en reuniones. A través de las preguntas abiertas se observa que los consumidores de botanas están conscientes de que los productos que ingieren son poco saludables y distinguen que se debe a la cantidad de grasa, sodio y calorías que aportan, y a pesar de sus hábitos de consumo, demandan productos que sean más saludables pero que no sacrifiquen el buen sabor, la textura ni la calidad.

En síntesis, se logró identificar que el mayor segmento de mercado que consume botanas son empleados o profesionistas, seguido por estudiantes. Las personas que se encuentran entre los 18 a 23 años, son quienes más las consumen, seguido de los mayores de 35 años. Estos consumidores coinciden en que, el principal problema que tienen respecto a las botanas que actualmente consumen radica en su aporte nutrimental, por contener mucha sal, grasa y calorías, por lo que las necesidades identificadas fueron mejorar el aporte nutricional de estos productos, logrando mantener un sabor agradable al paladar.

De acuerdo a lo anterior, se estableció como segmento de mercado clientes con dos perfiles, aquellos con un poder adquisitivo medio-alto, y, por otro lado, usuarios profesionistas, ambos perfiles corresponden al nivel socioeconómico C+. Los individuos de los hogares pertenecientes a este nivel son en su mayoría

profesionistas, quienes en promedio cuentan con licenciatura terminada, son personas que destinan poco menos de la tercera parte de sus ingresos en alimentos (Niveles Socio Económicos | NSE). En Querétaro cerca del 20% de la población pertenece a este nivel (AMAI, 2018).

Posteriormente se diseñó un *Lean Canvas* (Apéndice 1, Formato 5), para tener una visión general sobre el desarrollo del producto, de acuerdo al problema identificado.

6.1.1.2 Elaboración y evaluación de prototipos

La información requerida para conocer las expectativas de los consumidores sobre un producto y el valor que le confieren, puede obtenerse a través del desarrollo de prototipos, debido a que éstos permiten a los consumidores identificar y evaluar sus necesidades, así como re direccionar el desarrollo del producto, en caso de que éste no satisfaga las necesidades de los consumidores (Liedtka, 2015; Arias, 2018).

6.1.1.2.1 Comparación de pares

Los objetivos de la aplicación de esta prueba fueron, identificar las diferencias percibidas por el consumidor en dos diferentes muestras de botana, y, fijar las condiciones de partida para la formulación de la botana de tercera generación elaborada con garbanzo, a partir de los resultados obtenidos (Figura 22) (Meilgaard et al., 2006).

Para este análisis se seleccionaron dos formulaciones de experimentos previos (prototipos), en los que la cantidad de garbanzo añadido se varió desde un 25 hasta un 50% del total de la mezcla de acuerdo a lo reportado por Aguilera, en 2008. El parámetro que se consideró para la selección de ambas formulaciones fue la textura, las formulaciones seleccionadas fueron la G-1 (25% de garbanzo) y la G-4 (40% de garbanzo).

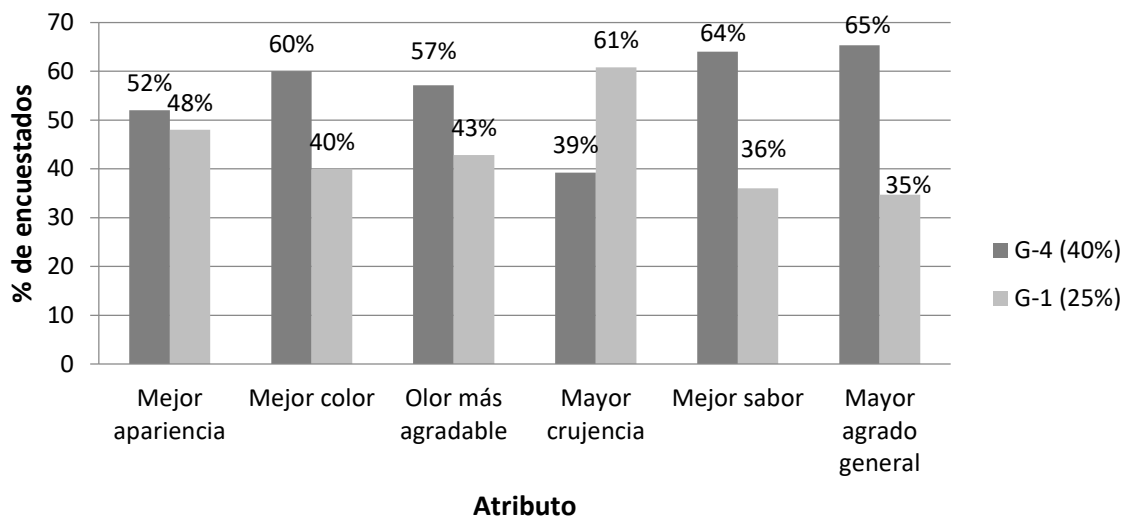


Figura 22 Análisis de comparación de pares en algunas características sensoriales de botanas. (Oscuro, G-4(40%): Formulación con 40% de garbanzo; Claro, G-1(25%): Formulación con 25% de garbanzo). (Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 22 se observa que, en cuanto a apariencia, color, olor, sabor y aceptabilidad general, los encuestados prefirieron la muestra G-4 (40%), es decir, la botana con un contenido del 40% de harina de leguminosa respecto a la muestra G-1 (25%) que contenía 25% de harina de leguminosa. Sin embargo, para el atributo de textura, los encuestados coincidieron que la muestra más crujiente fue la G-1 (25%), parámetro que asociaron con la dureza de la botana.

Las respuestas obtenidas se analizaron estadísticamente estableciendo las siguientes hipótesis estadísticas

$$H_0: \bar{X}_{G25} = \bar{X}_{G40}$$

$$H_1: \bar{X}_{G25} \neq \bar{X}_{G40}$$

Se realizó una prueba de T de Student para determinar si las medias de las dos muestras de datos fueron significativamente diferentes, con un valor de significancia de $\alpha = 0.05$. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 Valores de P obtenidos por la prueba T de Student

Atributo	Valor de P	Conclusión parcial
*Apariencia	0.693	Muestras estadísticamente no diferentes
Color	0.046	Muestras estadísticamente diferentes
*Olor más agradable	0.165	Muestras estadísticamente no diferentes
Mayor crujencia	0.028	Muestras estadísticamente diferentes
Mejor sabor	0.005	Muestras estadísticamente diferentes
Mayor agrado general	0.002	Muestras estadísticamente diferentes

* $P > \alpha$ (0.05). (Fuente: Elaboración propia)

En apariencia y olor, las muestras estadísticamente no difieren, lo que significa que los panelistas no distinguieron diferencias de apariencia ni de olor entre ambas muestras. En color, crujencia, sabor y agrado general, las muestras son estadísticamente diferentes, con valores de $P \leq \alpha$, los panelistas prefirieron la muestra con 40% de garbanzo sobre la muestra con 25%, de esta manera la muestra mayormente aceptada se seleccionó para aplicar un segundo análisis sensorial.

6.1.1.2.2 Escala hedónica

Se determinaron las características que eran mayormente aceptadas por los consumidores, utilizando la técnica de prueba de satisfacción, mediante una escala hedónica de 9 puntos. Los atributos a categorizar fueron sabor, color, aroma, textura y agrado general del producto. Se seleccionó la muestra con 40% de garbanzo de acuerdo a los resultados del análisis de comparación de pares, también se utilizó el control comercial (fritura de trigo), para este análisis.

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial se representaron con un gráfico radial (Figura 23).

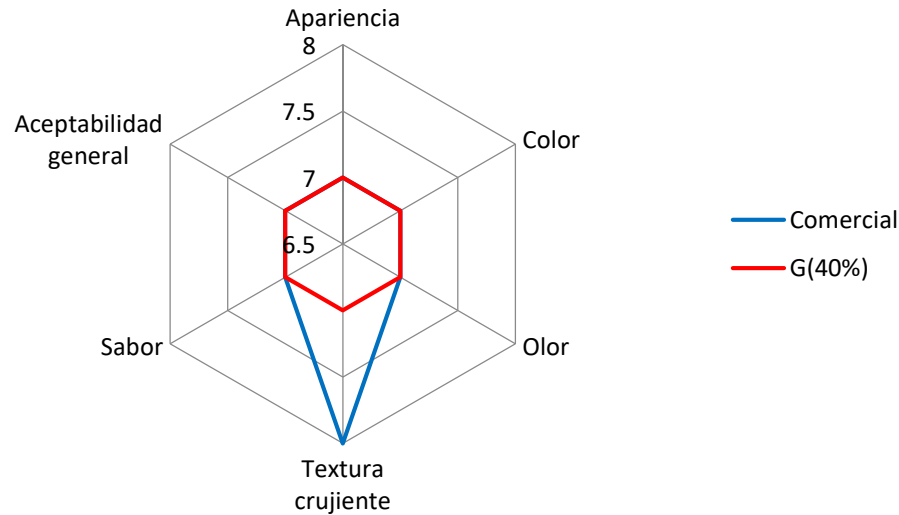


Figura 23 Distribución radial de los atributos valorados en el análisis sensorial de preferencia.
(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 23, cada línea de color representa un tipo de botana y las puntas del gráfico representan los atributos que se están midiendo en la encuesta, la escala de medición de los atributos fue de 1 a 9. Se observó que la botana desarrollada (línea roja, G(40%)) tiene una relación directa entre cada uno de los atributos donde se alcanzó un valor de 7 (me gusta moderadamente). Por otro lado, la botana comercial (línea azul) también presenta una relación directa entre todos los atributos, excepto en la textura crujiente, donde se alcanzó un valor de 8 (Me gusta mucho), con lo cual se infirió que la textura era factor susceptible a mejorar.

Para el análisis estadístico de esta prueba sensorial, se establecieron las siguientes hipótesis:

$$H_0: Me_{BC} = Me_{BD}$$

$$H_1: Me_{BC} \neq Me_{BD}$$

Donde, BC se refiere a botana comercial y BD a botana desarrollada. Se realizó la prueba no paramétrica, Kruskal-Wallis, que consiste en establecer la diferencia

entre las medianas de dos o más poblaciones (Martín, 2001). Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial son de carácter subjetivo, por lo que se emplearon datos categorizados. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12 Valores P de los atributos evaluados en la escala hedónica, obtenidos por un análisis de Kruskal-Wallis

	Mediana		P	
	Comercial	G(40%)	Comercial	G(40%)
Apariencia	7	7	0.001	0.001
Color	7	7	0.014	0.012
Textura crujiente	8	7	0.001	0.001
*Olor	7	7	0.512	0.497
*Sabor	7	7	0.503	0.488
*Aceptabilidad general	7	7	0.096	0.083

* $P > \alpha$ (0.05); G(40%): 40% de garbanzo. (Fuente: Elaboración propia)

Para los atributos de apariencia, color y textura crujiente, el valor de $P < \alpha$, por lo que las muestras fueron estadísticamente diferentes; para los atributos de olor, sabor y aceptabilidad general, el valor de $P > \alpha$, por lo que las muestras no difieren estadísticamente. La muestra comercial y la muestra con 40% de leguminosa fueron estadísticamente diferentes, lo que significa que el nivel de preferencia entre una y otra difiere para aspectos como apariencia, color y textura. La muestra comercial y la muestra con 40% de garbanzo tuvieron el mismo nivel de preferencia en cuanto a sabor, olor y aceptabilidad general.

6.1.2 Brainstorming

El primer factor establecido fue tener una botana baja en grasa y baja en sodio, debido a que el extenso mercado de botanas implica que los productos ofrecidos, en su mayoría, están lejos de ser saludables y debido a su proceso de elaboración que se obtienen botanas altas en grasa y sodio, de alto contenido calórico y por lo tanto de bajo aporte nutrimental. En México, la mayoría de las botanas comerciales

aportan entre 430 y 576 kilocalorías, y la cantidad de fibra, proteínas, vitaminas y minerales es escasa o nula. Un foco rojo en el consumo de botanas es la alta cantidad de grasa que aportan, de acuerdo a la FAO/OMS la ingesta recomendada de grasas oscila entre el 20 y 35% del aporte energético total, y consideran que el valor óptimo es del 30%, por lo que para una dieta de 2000kcal/día, el consumo de grasa no debe exceder los 67g, a pesar de ello, muchas de las botanas del mercado proporcionan 50% o más de las recomendaciones. El sodio es otro de los principales problemas del consumo de botanas, de acuerdo a la OMS la ingesta de sodio no debe rebasar los 2400mg/día, lo que se puede superar con 100g de producto, ya que en el mercado 100g de botanas llegan a aportar entre 426 y 2673mg de sodio (Revista del Consumidor, 2012). La demanda actual de mercado está promovida por consumidores que buscan alternativas diferentes y saludables (AAFC, 2016), por lo que se busca rediseñar las botanas y ofrecer opciones que no están en el mercado o son muy limitadas (Lizárraga et al., 2013).

El segundo factor fue la expansión por aire caliente. Como ya se mencionó con anterioridad, las botanas en general tienen un alto aporte de grasas, y las botanas de tercera generación no son la excepción. En el mercado son ampliamente conocidas como “*pellets*” en su forma seca (deshidratada) o “frituras”, es su forma expandida, así durante el proceso de freído absorben grandes cantidades de aceite, cayendo en la misma categorización que el resto de las botanas, sin embargo, uno de los procesos convencionales a esta forma de expansión es el uso de aire caliente. El calor transferido desde el aire provoca la pérdida del agua del extrudido, en forma de vapor, aumentando el volumen del *pellet* y disminuyendo su densidad (Lara, 1999).

El tercer factor fue obtener un producto con mayor cantidad de proteína que el de las botanas comerciales de tercera generación. Debido a que el garbanzo es una leguminosa que contiene cerca del 22% de proteínas, y el 11% de fibra (Fares and Menga, 2014), se seleccionó, entre otros factores, por aportar muy poco sabor a las mezclas, se considera un alimento neutro tanto en olor como en sabor por lo que facilita su aplicación en el desarrollo de nuevos productos.

El cuarto factor fue obtener una botana sensorialmente aceptada, para competir con el resto de las botanas comerciales, incluso las más consumidas. Los atributos más demandados por los consumidores de botanas son el sabor, la textura (crujiente) y la apariencia general, aspectos directamente relacionados con la aceptabilidad del producto.

El quinto factor fue adoptar un valor agregado, mediante los ingredientes que contiene la botana. La NOM-043-SSA2-2005, “Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación”, establece que es importante consumir dentro de la dieta mexicana leguminosas como el garbanzo, por su rico contenido en proteína, fibra y hierro, por otro lado, la promoción de la recuperación de esta variedad de leguminosa es muy importante ya que a pesar de que México es uno de los principales productores de garbanzo, también es uno de los países con mayor exportación del mismo (FAOSTAT, 2014). Por otro lado, se busca que el producto sea accesible en precio, frente a la botana comercial de tercera generación, además de contar con un mejor aporte nutrimental.

6.1.3 Benchmarking

El producto puede cumplir con la deseabilidad, si cubre una serie de factores que satisfacen las demandas del usuario, mismas que son definidas por éste cada vez que decide realizar una compra, algunas de ellas son, accesibilidad, precio, variedad y disponibilidad. En cuando a viabilidad, se observó que las botanas de tercera generación o frituras se venden por comerciantes informales, es común encontrarlas en lugares concurridos como plazas públicas, parques o escuelas ofrecidas por quienes ejercen este tipo de comercio, de manera que las botanas cumplen con ser accesibles y disponibles para los usuarios de estos lugares. Por otra parte, en México las únicas botanas de tercera generación conocidas, comercializadas y consumidas son las frituras de harina de trigo, es por ello que para el *benchmarking* se realizó un desglose de los factores mencionados con anterioridad entre la parte de usuario, la parte comercial y la parte tecnológica, infiriendo así dos tipos de competencia, la competencia directa, es decir, botanas

de tercera generación (*pellets* o frituras) y la competencia indirecta, en otras palabras, el resto de las botanas (primera y segunda generación).

Para la comparación referencial, se consideraron en primer lugar las botanas con el mismo proceso de elaboración, posteriormente aquellas elaboradas con leguminosas y finalmente, se realizó una comparación de precios y características nutrimentales. Fue necesario ampliar el estudio a nivel internacional, por la poca variedad de productos que se ubicaron en el mercado nacional. En la Tabla 13, se muestran los productos contra los que compite el producto desarrollado, por proceso de elaboración e ingredientes.

Tabla 13 Productos del *benchmarking*, identificados como competencia

Mercado Nacional	Consideraciones para el <i>benchmarking</i>
	<p>PROCESO: Botana tercera generación</p> <p>Competencia directa (Control)</p> <p>PRECIO: \$16.00/100g</p>
Mercado Internacional	
	<p>INGREDIENTES: Soya</p> <p>PAIS: India</p> <p>PRECIO: \$28.00/100g</p>



INGREDIENTES: Harina de garbanzo

PAIS: India

PRECIO: \$26.00/100g



INGREDIENTES: Garbanzo orgánico

PAIS: Estados Unidos

PRECIO: \$42.00 - \$ 54.00/100g

(Fuente: Elaboración propia)

Se comparó la información nutrimental de los productos seleccionados en el *benchmarking* (Tabla 14), y se observó que los “Soya Sticks” y los “Ratlami Sev” aportan por cada 100g de producto poco más del 50% del valor recomendado de ingesta de grasas, siendo éste de 67g/día (FAO/OMS. 2015), así mismo se observó que “Parios”, “Hippeas” y “Soya Sticks” tienen una gran cantidad de sodio, siendo “Parios” los que lo contiene en exceso; la OMS establece que un alimento es “Alto en sodio” cuando contiene 500mg/100g o más, valor que se rebasa en estas tres botanas. Para el *benchmarking*, se seleccionaron productos con ingredientes similares a los de la botana desarrollada, mismos que sólo se encontraron en el mercado internacional, en estos productos se observa que la cantidad de proteína es mayor que la que contienen el producto nacional (control, Parios), a pesar de ello, ningún producto se declara como “alto en proteína”, puesto que deberían contener al menos 20g/100g de los cuales apenas contienen 14g/100g.

Tabla 14 Comparación de la información nutrimental de productos del *benchmarking*

		Nacional		Internacional	
Por cada 100g		Parios	Hippeas	Soya Sticks	Ratlami Sev
Contenido calórico	Kcal	452	464	542	561
Carbohidratos	Totales (g)	60	64	42	42
	Azúcares (g)	0	7	4	0
	Fibra dietética (g)	0	11	---	1
Proteína	Total (g)	8	14	14	11
Grasa	Total (g)	20	18	35	39
	Saturada(g)	4	0	19	14
	Monoinsaturada (g)	12	---	---	16
	Poliinsaturada (g)	4	---	---	4
	Trans (g)	---	0	---	0
	Colesterol (mg)	---	0	---	Nulo
Minerales	Sodio (mg)	1796	536	624	126

(Fuente: Elaboración propia)

6.2 Botanas de 3^a generación a base de trigo

6.2.1 Optimización de botanas obtenidas por método tradicional

6.2.1.1 Determinación del efecto del emulsificante

En la Tabla 15 se presenta el índice de expansión y la textura, de las botanas de tercera generación adicionadas con diferentes emulsificantes y expandidas con aire caliente.

Tabla 15 Índice de expansión y textura de las botanas obtenidas con los diferentes tratamientos

Tratamiento	IE	Textura	
		Dureza (N)	Crujencia
SE	2.34±0.43 ^b	26.16±6.02 ^a	2.12±1.32 ^a
MEG	2.01±0.35 ^b	16.38±3.99 ^b	2.06±1.11 ^a
MG	3.93±0.59 ^a	9.90±2.95 ^c	2.72±1.59 ^a

ELS	3.38±0.50 ^a	11.63±4.29 ^c	2.67±1.83 ^a
-----	------------------------	-------------------------	------------------------

Letras iguales indican medias sin diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Monoglicérido (MG); esteroil lactilato de sodio (ELS); monoestearato de sodio (MEG); sin emulsificante (SE). (*Fuente:* Elaboración propia)

Se observa que los expandidos con monoglicérido (MG) y esteroil lactilato de sodio (ELS) no mostraron diferencias estadísticas entre sí (Tabla 15), así como los expandidos con monoestearato de sodio (MEG) y sin emulsificante (SE), mismos que presentan un menor grado de expansión respecto a los tratamientos con MG y ELS. La formulación que presentó el mayor índice de expansión fue la de monoglicérido al 90%, con un valor de 3.93 ± 0.59 .

Los valores de textura también se muestran en la Tabla 15, en términos de dureza (N) y crujencia. La dureza se refiere a la fuerza máxima que tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión e indica la fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los molares o la lengua y el paladar, y se expresa en términos de N (kg m/s^2) (Hleap and Velasco, 2010). Se observa que la formulación sin emulsificante requirió una fuerza máxima de 26.16 ± 6.02 N, mientras que la formulación con monoglicérido (MG), requirió una fuerza máxima de 9.90 ± 2.95 N, los tratamientos con ELS y MEG también mostraron valores menores de dureza, respecto al tratamiento sin emulsificante. El emulsificante no sólo influyó en la expansión de la botana, sino que también tuvo un efecto positivo sobre la textura de la misma. Los emulsificantes son compuestos químicos que promueven la estabilización de las mezclas de líquidos inmiscibles entre sí, debido a que actúan sobre la tensión superficial de los mismos, por lo que contribuyen a una mejor percepción sensorial de los alimentos (Badui-Dergal, 2006; Hasenhuettl and Hartel, 2008). El uso de emulsificantes en los procesos de extrusión se debe a su efecto como lubricante, su adición influye en el proceso de cocción debido a los cambios que genera sobre la viscosidad de la masa y sobre la textura del extrudido (Ilo et al., 2000). En la industria alimentaria, mono y diglicéridos son los más ampliamente

utilizados, y se ha reportado que, para las botanas elaboradas por extrusión, el monoglicérido y el esteroil lactilato de sodio redujeron la energía requerida para la extrusión además de producir productos con una textura deseable, por lo que su adición en un rango no mayor a 0.5% puede mejorar su apariencia y textura (Hasenhuettl and Hartel, 2008). Tovar-Jiménez et al., (2015), utilizaron monoglicérido como emulsificante, para la obtención de botanas de tercera generación elaboradas con almidón de papa, harina de maíz nixtamalizada y harina de bagazo de naranja, Camacho-Hernandez et al., (2014) y Navarro-Cortez et al., (2014) elaboraron botanas de tercera generación a partir de maíz azul y almidón de maíz, para las cuales se utilizó también monoglicérido, los tres autores reportaron una concentración óptima de 0.1% para obtener botanas con buena textura. Bastos-Cardoso et al., (2007) menciona que añadir monoglicéridos saturados a las masas, como el utilizado en el presente estudio (monoglicérido al 90%), disminuye la degradación mecánica ejercida durante la extrusión, y por consecuencia, mejora la textura del producto. A estos efectos se atribuye la mejora en textura y expansión que se logró observar en los tratamientos con emulsificante, respecto al tratamiento sin emulsificante, sin embargo, se seleccionó el monoglicérido, debido a que obtuvo un producto que mostró mejor textura y mayor expansión.

6.2.2 Elaboración de botanas obtenidas por extrusión

Los tratamientos del diseño de experimentos factorial fraccionado (Tabla 9) se elaboraron con monoglicérido, ya que este emulsificante mostró mejores características de expansión y textura. Para fines comparativos, se elaboraron dos tratamientos control por el método tradicional. El control 1 se hizo con agua a temperatura ambiente, y el control 2 se hizo con agua a temperatura de ebullición, para conocer si había influencia de este factor y determinar el posterior acondicionamiento de las muestras a extrudir. Al no observar diferencia entre ambos controles, las muestras del diseño de experimentos se acondicionaron con agua a temperatura ambiente. Las muestras obtenidas con los diferentes tratamientos se muestran en la Figura 24.

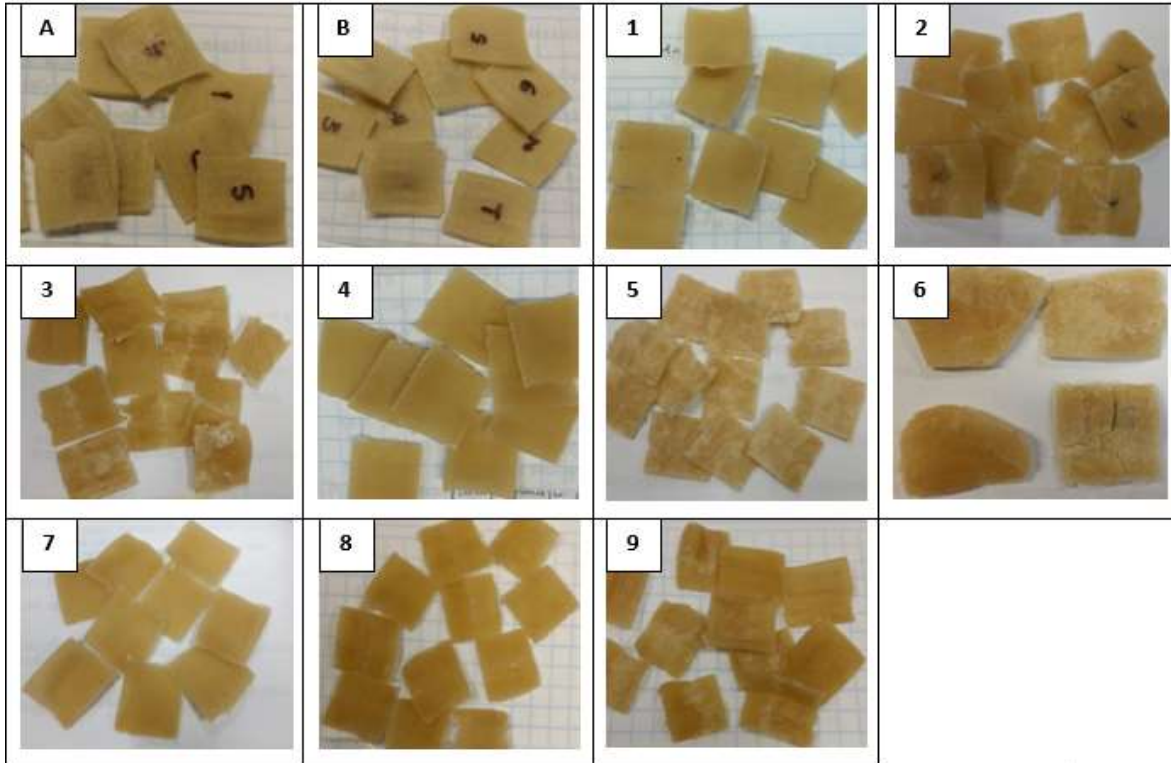


Figura 24 *Pellets* extrudidos. (A): Control 1; (B): Control 2; (1): 80-100°C; (2): 80-110°C; (3): 80-120°C; (4): 90-100°C; (5): 90-110°C; (6): 90-120°C; (7): 100-100°C; (8): 100-110°C; (9): 100-120°C. (Fuente: Imagen propia)

En la Figura 24 se observa que en los tratamientos A, B, 1, 4 y 7, el material extrudido es un material homogéneo, mientras que los tratamientos 2, 3, 5, 6, 8 y 9 muestran zonas expandidas (zonas blancas), en algunos tratamientos esta expansión ocurrió en mayor medida, como es el caso del tratamiento 5. Por otro lado, se logró observar que algunos extrudidos presentaron fracturas, como los *pellets* de los tratamientos 2, 5 y 6.

Los *pellets* se expandieron de acuerdo al proceso de expansión descrito en Materiales y Métodos.

6.2.2.1 Características fisicoquímicas y de textura de las botanas a base de trigo

6.2.2.1.1 Índice de expansión (IE)

El efecto de las variables de procesos en el IE de las botanas de tercera generación se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16 Índice de expansión de los extrudidos a base de trigo

Tratamiento	Condiciones	IE
A	Agua T.A.*	4.30±0.78 ^a
B	Agua caliente	3.80±0.18 ^a
1	80-100 °C	0.77±0.02 ^{b c}
2	80-110 °C	0.80±0.05 ^{b c}
3	80-120 °C	1.25±0.22 ^b
4	90-100 °C	0.62±0.08 ^{b c}
5	90-110 °C	0.12±0.00 ^c
6	90-120 °C	0.62±0.19 ^{b c}
7	100-100 °C	0.91±0.26 ^{b c}
8	100-110 °C	1.21±0.20 ^b
9	100-120 °C	1.26±0.02 ^b

Letras iguales indican medias sin diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). Los valores \pm indican la desviación estándar. *Agua a Temperatura Ambiente. A: Control 1; B: Control 2. (Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 16, se observan los diferentes índices de expansión de los extrudidos obtenidos por tratamiento tradicional y en extrusor. Los controles 1 (A) y 2 (B) mostraron un índice de expansión de (4.30±0.78) y (3.80±0.18), respectivamente. Entre ambos controles no hubo diferencia estadística significativa, sin embargo, el control elaborado con agua a temperatura ambiente mostró mayor expansión.

Los tratamientos elaborados directamente en el extrusor que presentaron mayor expansión fueron el 9, 3 y 8, cuyas condiciones de trabajo fueron 100-120 °C, 80-120 °C y 100-110 °C, respectivamente; los índices de expansión fueron (1.26 ± 0.02) , (1.25 ± 0.22) y (1.21 ± 0.20) , respectivamente. El tratamiento 5 presentó la menor expansión (0.12 ± 0.00) del resto de los tratamientos, esta disminución se atribuye a la expansión que el material mostró al salir del dado, misma que es responsable de las fracturas de los *pellets*. La expansión que muestra el material extrudido provocó una estructura porosa la cual es insuficiente para resistir la presión del aire durante el proceso de expansión del *pellet*, que a su vez implica la salida de vapor de agua del alimento y por lo tanto la disminución o ausencia de expansión. Los expandidos se muestran en la Figura 25.

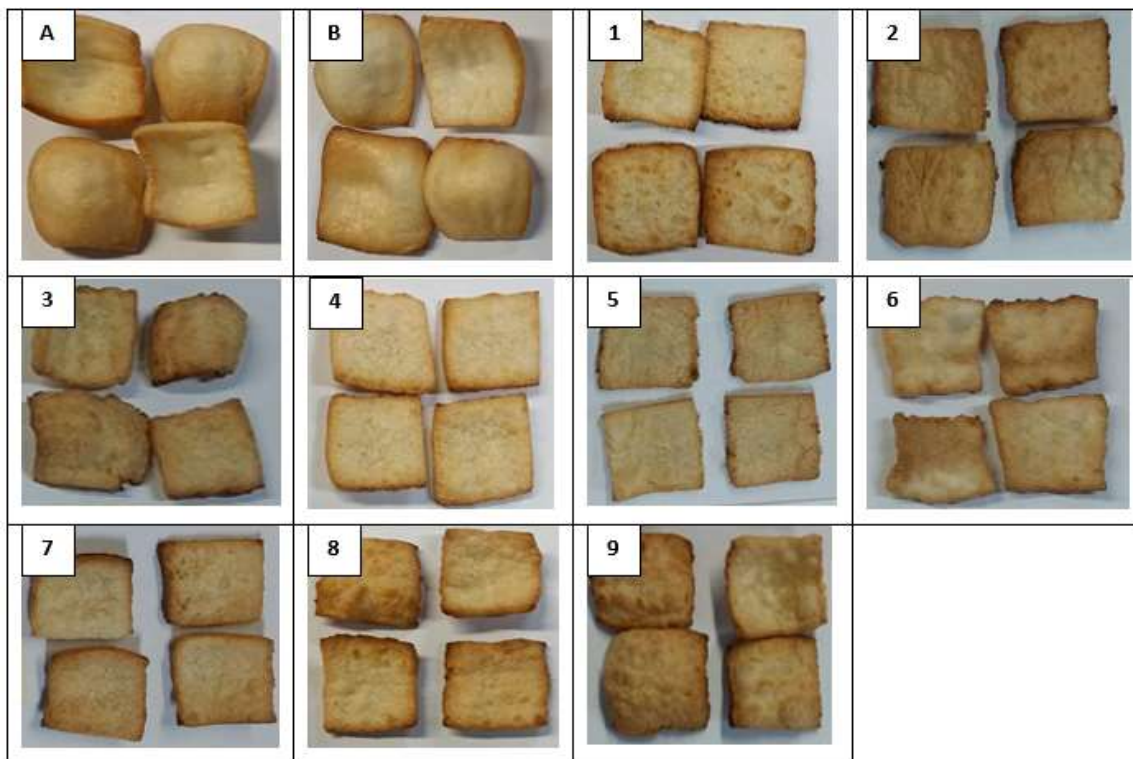


Figura 25 Expandidos. (A) Control 1; (B) Control 2; (1) 80-100°C; (2) 80-110°C; (3) 80-120°C; (4) 90-100°C; (5) 90-110°C; (6) 90-120°C; (7) 100-100°C; (8) 100-110°C; (9) 100-120°C. (Fuente: Imagen propia)

Aguilar-Palazuelos et al., (2012) obtuvieron *pellets* con un extrusor de tornillo simple de tres zonas de calentamiento, a base de almidón de papa, maíz de calidad proteínica y harina de soya. En el proceso se utilizaron temperaturas de extrusión entre 75-140 °C, con contenidos de humedad de 16-30%; los *pellets* se expandieron en microondas y aquellos que mostraron mayor expansión se obtuvieron cuando la temperatura de extrusión osciló entre 123 y 140 °C y el contenido de humedad fue de entre 27 y 31%. Camacho-Hernández et al., (2014), elaboraron botanas de tercera generación expandidas con microondas, a base de maíz azul y almidón de maíz, bajo temperaturas de barril entre 98.8-141.2 °C y contenidos de humedad entre 19.93-34.07%, observaron que el índice de expansión aumentó al incrementar la temperatura de barril, mientras ésta no rebasara los 125°C, ya que se observó el efecto contrario. De manera general, los valores más altos de índice de expansión se obtuvieron en rangos de baja humedad (23.8-25.2%) y temperatura intermedia (120-126 °C). Delgado-Nieblas et al., (2012), elaboraron extrudidos de tercera generación expandidos en microondas, enriquecidos con calabaza; el proceso se llevó a cabo en un extrusor de tornillo simple de tres zonas de calentamiento, bajo temperaturas de barril entre 93.5 y 140.5°C y contenidos de humedad entre 21.3 y 34.7%. Los autores observaron que el índice de expansión incrementa al incrementar la temperatura de barril y disminuir el contenido de humedad. El mayor valor de expansión se obtuvo a 135°C y 24% de humedad.

En este estudio, los tratamientos con mayor índice de expansión se procesaron a temperaturas de 100-120 °C, 80-120 °C, 100-110 °C, para ambas zonas del calentamiento del extrusor. Los rangos de temperatura que se trabajaron caen dentro de lo que reportan algunos autores, sin embargo, el extrusor utilizado para la obtención de estas botanas consta únicamente de dos zonas de calentamiento, en lugar de tres, por lo que se trabajó con humedades mayores a las reportadas en bibliografía ($\geq 50\%$), ya que el material de alimentación procesado a bajas humedades no era moldeable por el dado. En los trabajos anteriores, los autores coinciden en que, a altas temperaturas, el índice de expansión (IE) aumenta, mientras que a bajo contenido de humedad, éste disminuye, a pesar de ello, algunos estudios sobre el efecto de estos parámetros sobre las características de los

extrudidos (expansión, densidad aparente, etc.) muestran que el factor que menos influye es el contenido de humedad, contrario a lo que pasa con la temperatura, siendo ésta una de las variables más importantes durante el proceso de obtención de *pellets* o extrudidos de tercera generación. Para obtener botanas con un alto índice de expansión, el almidón debe estar parcialmente gelatinizado, debido a que los gránulos que se hinchan atrapan agua, que es fundamental para la expansión del *pellet* al someterlo a algún proceso térmico (Awol, 2015). Se ha encontrado que a un porcentaje de gelatinización igual o mayor a 52.7%, las botanas extrudidas muestran una mayor expansión (Moraru and Kokini, 2003). Por otro lado, los altos valores de expansión pueden estar relacionados con la elasticidad del almidón en el material, ya que se ha reportado que, al aumentar el contenido de humedad, la estructura molecular de la amilopectina cambia, reduciendo la elasticidad y, por lo tanto, la expansión (Ding et al., 2005).

Tras observar el efecto del aumento de la temperatura de barril sobre el valor de expansión, Camacho-Hernández et al., (2014) indicaron que temperaturas mayores a 120°C pueden inducir una disminución de la viscosidad del material así como de su tiempo de residencia en el extrusor, ya que estas temperaturas influyen en el nivel de descomposición de los gránulos del almidón.

Se han realizado diferentes trabajos que muestran el efecto de otras variables de procesamiento de botanas, sobre su expansión. Algunos autores indican que la disminución de la expansión está influenciada por la presencia del alto contenido de fibra dietética en la formulación de botanas; la fibra puede colapsar la pared celular durante la formación de burbujas de aire, reduciendo su capacidad de retención de aire, disminuyendo así la expansión (Aguilar-Palazuelos et al., 2006; Limón-Valenzuela et al., 2010; Delgado-Nieblas et al., 2012).

6.3 Botanas de 3ª generación enriquecidas con garbanzo

De acuerdo a los resultados de los experimentos realizados en el apartado de botanas de 3ª generación a base de trigo, se utilizó el almidón modificado para la elaboración de las botanas con garbanzo por el método tradicional (Tabla 17) para

posteriormente elaborarlas mediante extrusión. Inicialmente se observaron las características de expansión de las botanas obtenidas por el proceso tradicional. Se aplicó un ANOVA para identificar diferencias estadísticas y se realizó una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para comparar las medias de los tratamientos con diferente contenido de garbanzo.

Tabla 17 Índice de expansión de los extrudidos con garbanzo, obtenidos por método tradicional

Cantidad garbanzo (%)	IE
24	4.04±1.66 ^a
35	2.39±0.57 ^a
50	2.15±1.12 ^a

Letras iguales indican media sin diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($p>0.05$). Los valores \pm indican la desviación estándar. (*Fuente:* Elaboración propia)

En la Tabla 17 se observa que no hay diferencia significativa del índice de expansión entre los tratamientos, a pesar de ello, el tratamiento con menor cantidad de garbanzo (24%), mostró un mayor valor de expansión. Este valor se subió a 25, y se tomó como valor mínimo para el diseño de experimentos (Tabla 10) de las botanas extrudidas.

6.3.1 Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre las características fisicoquímicas de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo

6.3.1.1 Características fisicoquímicas de las botanas enriquecidas con garbanzo

Para las botanas obtenidas a través del diseño de experimentos factorial fraccionado, las características fisicoquímicas que se midieron fueron índice de expansión, densidad aparente y dureza, de acuerdo a la metodología anteriormente reportada. Los resultados obtenidos se procesaron en Minitab 17.1.0 (versión de prueba).

6.3.1.1.1 Índice de expansión (IE)

De las variables independientes evaluadas, la temperatura de la zona A y el porcentaje garbanzo ($p \leq 0.000$), tuvieron un efecto significativo sobre el IE. El modelo de predicción utilizado explicó el 88% de la variación total para los valores del IE (Tabla 18).

Tabla 18 Valor P de los términos del modelo analizados para los extrudidos de garbanzo obtenidos por extrusión

Respuesta	r^2	r^2 ajustado	r^2 predicho	Valor P
IE	0.887	0.818	0.639	
X ₁ *				0.000
X ₂ *				0.187
X ₃ *				0.120
X ₄ *				0.002
DAp	0.818	0.706	0.384	
X ₁ *				0.000
X ₂ *				0.014
X ₃ *				0.889
X ₄ *				0.001

*Valor de P. (X₁): Temperatura de la zona A; (X₂): Temperatura de la zona B; (X₃): Contenido de humedad; (X₄): Cantidad de garbanzo; IE: Índice de expansión; DAp: Densidad Aparente; D: Dureza. $P < \alpha$ (0.05). (Fuente: Elaboración propia)

El índice de expansión se calculó para los 15 tratamientos del diseño de experimentos factorial fraccionado (Tabla 9). Los resultados obtenidos se reportaron como la media \pm la desviación estándar, para los cuales se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 19). Los valores de índice de expansión (IE) de los extrudidos a base de garbanzo, obtenidos por extrusión estuvieron en el rango de 0.1183 a 0.6192 (Tabla 19). El valor más alto de expansión (0.6192) se obtuvo cuando las condiciones de procesamiento fueron 100 y 110 °C en las zonas de calentamiento A y B, respectivamente, a una humedad de 60% y un contenido de garbanzo de 25%, correspondientes al tratamiento 1.

Tabla 19 Características fisicoquímicas de los extrudidos con garbanzo, obtenidos por extrusión.

Diseño factorial fraccionado

Tratamiento	Variables independientes				Variables dependientes		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Índice de expansión*	Densidad aparente* (kg/m ³)	Dureza* (N)
1	100	110	60	25	0.62±0.08 ^a	633.79±103.3 ^{b c}	38.06±8.25 ^{b c}
2	100	120	50	35	0.12±0.02 ^e	816.24±14.61 ^a	34.84±9.37 ^{b c d}
3	80	120	60	25	0.25±0.09 ^{c d e}	721.64±30.52 ^{b c}	44.88±8.75 ^{a, b}
4	100	110	60	35	0.46±0.12 ^{a b}	651.11±44.88 ^{b c}	35.09±7.65 ^{b c d}
5	100	120	50	35	0.25±0.06 ^{c d e}	748.76±6.84 ^b	48.69±10.40 ^a
6	100	120	60	25	0.47±0.049 ^{a b}	641.67±14.71 ^{b c}	42.00±8.71 ^{a, b}
7	80	120	60	35	0.14±0.06 ^{d e}	815.91±20.52 ^a	26.05±11.77 ^{d e}
8	80	110	60	35	0.20±0.07 ^{d e}	727.39±36.23 ^c	22.28±9.86 ^e
9	80	110	50	35	0.15±0.10 ^{d e}	742.98±26.75 ^b	30.91±5.88 ^{c d e}
10	100	110	50	25	0.44±0.08 ^{a b c}	609.19±32.13 ^c	37.99±5.13 ^{b c}
11	80	120	50	25	0.30±0.05 ^{b c d e}	713.98±30.69 ^{b c}	36.32±8.17 ^{b c}
12	80	110	50	25	0.15±0.06 ^{d e}	738.83±70.44 ^b	30.64±9.99 ^{c d e}
13	90	115	55	30	0.34±0.04 ^{b c d}	684.41±12.80 ^{b c}	35.44±7.89 ^{b c}
14	90	115	55	30	0.35±0.06 ^{b c d}	682.40±22.05 ^{b c}	31.54±5.72 ^{c d}
15	90	115	55	30	0.33±0.03 ^{b c d}	689.34±43.13 ^{b c}	36.37±8.35 ^{b c}

Letras iguales en la misma columna indican medias sin diferencia estadística significativa (* p > 0.05), de acuerdo a la prueba de Tukey. Los valores ± indican la desviación estándar. (X₁): Temperatura de la zona A; (X₂): Temperatura de la zona B; (X₃): Contenido de humedad; (X₄): Cantidad de garbanzo. (Fuente: Elaboración propia)

Se observó que el índice de expansión disminuyó cuando incrementó la cantidad de garbanzo adicionado. Resultados similares fueron reportados por Korkerd et al., (2016) quienes elaboraron extrudidos directamente expandidos, enriquecidos con harina de soya desengrasada, germinado de arroz integral y fibra de cáscara de mango, y por Shah Faiz-Ul-Hassan et al., (2016), quienes elaboraron botanas de maíz directamente expandidas, enriquecidas con garbanzo y harina de soya desengrasada, por lo que en el presente estudio se concluyó que al aumentar el

contenido de proteína se tiene como resultado extrudidos menos expandidos, con mayor densidad aparente y mayor dureza.

6.3.1.1.2 Densidad aparente (DAp)

La temperatura de la zona A y de la zona B, así como el porcentaje garbanzo ($p \leq 0.000$), tuvieron un efecto significativo sobre la DAp. El modelo de predicción utilizado explicó el 81% de la variación total para los valores de la DAp (Tabla 18). Los resultados obtenidos se reportaron como la media \pm la desviación estándar, para los cuales se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 19). Los valores de densidad aparente (DAp) de los extrudidos estuvieron en el rango de 609.19 a 816.24 kg/m³ (Tabla 19). El valor más bajo de densidad fue 609.19 kg/m³, que se obtuvo cuando las condiciones de procesamiento fueron 100°C-110°C en las zonas de calentamiento A y B, respectivamente, a una humedad de 50 % y un contenido de garbanzo de 25 %, correspondientes al tratamiento 10, sin embargo, los tratamientos 1 y 6, muestran densidades cercanas a este valor, en la Tabla 19 se muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre estos tratamientos ($P > \alpha$).

La densidad aparente de los extrudidos aumentó cuando también lo hizo la cantidad de harina de garbanzo. Bastos-Cardoso et al., (2007) reporta que la incorporación de fibra y proteína en los extrudidos de tercera generación da como resultado productos de mayor densidad aparente, por lo que la disminución de este factor puede atribuirse al efecto de la proteína del garbanzo. Sharma, Yadav, Mridula, & Gupta, (2016) señala que si el calor no es suficiente (baja temperatura de extrusión) o la humedad del material de alimentación es alta, el producto obtenido es más denso y menos expandido, sin embargo, otros estudios indican que el aumento de densidad puede atribuirse al aumento de la gelatinización del almidón por el aumento de la temperatura de procesamiento (Lee et al., 2000).

La densidad de los extrudidos indica la expansión y la estructura de células y poros en los mismos. En el presente trabajo, se observó que las condiciones de

procesamiento (humedad de alimentación y temperatura) y materias primas (harina de garbanzo) afectaron directamente sobre la densidad de los extrudidos.

6.3.1.1.3 Dureza

Los valores de dureza de los extrudidos estuvieron en el rango de 22.2752 a 48.6938 N (Tabla 19). La máxima dureza se observó cuando la cantidad de garbanzo fue de 35%. El incremento de la cantidad harina de garbanzo en las formulaciones aumentó la dureza del producto, misma que está relacionada con la expansión, a medida que el producto se vuelve más duro, tiende a expandirse menos (Shah Faiz-UI-Hassan et al., 2016). Los *pellets* con menor textura resultaron quebradizos, es decir, que la fuerza de ruptura aumentó debido a las condiciones de procesamiento.

Los bajos valores de expansión se atribuyeron al contenido de almidón de las materias primas, al agregar garbanzo, incrementó el contenido de proteína de la botana, por lo que se redujo la expansión de los extrudidos, aumentando la densidad aparente y la dureza. Un experimento factorial fraccionado se utiliza para reducir selectivamente el tamaño de un experimento y permite evaluar el efecto de las combinaciones posibles de las variables de interés, en base a lo anterior, las propiedades fisicoquímicas evaluadas se vieron afectadas por las variables del diseño experimental, principalmente por la temperatura de la zona A y por la cantidad de garbanzo. A partir de los resultados obtenidos en este diseño, se procedió a la estandarización de las botanas con leguminosa, con el objetivo de mejorar la calidad de los extrudidos, por lo cual se fijó la cantidad de garbanzo a un 25%.

6.3.2 Estandarización de botanas enriquecidas con garbanzo

A través de los resultados obtenidos en el diseño de experimentos factorial fraccionado, se seleccionaron las variables independientes de procesamiento y se fijó la cantidad de harina de garbanzo (25%), con el objetivo de estandarizar la elaboración de las botanas.

6.3.2.1 Optimización de los parámetros de proceso sobre las propiedades fisicoquímicas de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo obtenidas mediante extrusión

Las características fisicoquímicas (índice de expansión, densidad aparente, dureza, crujencia, índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua), se determinaron siguiendo la metodología reportada. Cada determinación se realizó por duplicado (excepto dureza y crujencia), para cada uno de los tratamientos del diseño de experimentos (Tabla 10). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 20, mismos que se procesaron en Minitab 17.1.0 (versión de prueba).

Tabla 20 Características fisicoquímicas de los extrudidos con garbanzo, obtenidos por extrusión. Diseño factorial

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Variables independientes						
Temperatura (°C)	100	100	110	110	120	120
Humedad (%)	60	80	60	80	60	80
Variables dependientes						
Índice de expansión	0.97±0.02	1.18±0.02	1.74±0.01	1.96±0.03	2.02±0.08	2.19±0.14
Densidad aparente (kg/m ³)	483.66±65.07	434.67±12.70	374.22±16.95	339.28±15.18	350.83±22.22	344.11±18.22
Dureza (N)	20.95±6.71	16.70±3.42	17.99±4.59	18.18±3.13	21.03±4.39	22.56±3.80
Crujencia	2.42±0.76	2.42±1.04	3.42±1.11	4.17±1.95	3.33±1.11	4.00±1.29
IAA (g/g)	4.73±0.13	5.08±0.09	4.76±0.10	4.83±0.18	4.44±0.13	4.52±0.09
ISA (%)	11.55±0.37	11.72±0.18	11.35±0.20	12.20±0.65	12.11±0.59	12.27±0.26

Los valores ± indican la desviación estándar. (*Fuente:* Elaboración propia)

6.3.2.1.1.1 Índice de expansión

Los valores de índice de expansión (IE) de los extrudidos estuvieron en el rango de 0.97 a 2.19 (Tabla 20). El modelo de predicción utilizado explicó el 95% de la variación total ($p \leq 0.000$) para los valores del IE (Tabla 21). El análisis de regresión mostró que la temperatura de procesamiento y la humedad del material de

alimentación tuvieron efecto significativo sobre el IE (Tabla 22). En la Figura 26, se observa el efecto de la temperatura y la humedad de la muestra, sobre el IE de botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo.

Tabla 21 Valor P de los términos del modelo para las variables respuestas analizadas de los extrudidos

Fuente de variación	IE	DAp	C
Modelo	0.000	0.043	0.023
Lineal	0.000	0.018	0.010
Temperatura de proceso	0.000	0.011	0.007
Humedad de alimentación	0.039	0.219	0.104
Temperatura*Humedad	0.946	0.739	0.447

IE = Índice de expansión; DAp = Densidad aparente; C = Crujencia. (Fuente: Elaboración propia)

El valor más alto de expansión fue 2.19 ± 0.14 , obtenido bajo condiciones de procesamiento de 80% de humedad y 120 °C, por otro lado, el tratamiento que presentó menor expansión fue el que se procesó a 60% y 100 °C, con un valor de 0.97 ± 0.02 (Tabla 20).

Tabla 22 Análisis de varianza para las variable respuesta analizadas

Respuesta	r ²	r ² ajustada	r ² predicha	Valor F	Valor P
IE	0.95	0.92	0.83	27.98	0.000
DAp	0.79	0.62	0.18	4.72	0.043
C	0.83	0.70	0.34	6.16	0.023

*P > α (0.05). IE = Índice de expansión; DAp = Densidad aparente; C = Crujencia. (Fuente: Elaboración propia)

Se obtuvieron productos mayormente expandidos, a alta temperatura de procesamiento y a alta humedad (Figura 26). Resultados similares fueron

reportados por Yovchev et al., (2017), quienes estudiaron la influencia de los parámetros de extrusión en las propiedades físicas de productos directamente expandidos, de garbanzo y cebada. Los autores mencionan que, para los extrudidos de garbanzo, la expansión se vio principalmente afectada por el contenido de humedad y la temperatura del dado, mientras que, para los extrudidos de cebada, los factores que tuvieron efecto significativo en la expansión fueron la humedad y velocidad de tornillo. Los autores concluyen que la expansión podría aumentar, proporcionalmente con la temperatura y el contenido de humedad del material de alimentación. Beck, Knoerzer, & Arcot, (2017) estudiaron el efecto de extrusión a baja humedad sobre la expansión y otros factores, de un producto directamente expandido, a base de aislado de proteína de chícharo. Los productos se procesaron a humedades entre 26 y 35%, y temperaturas de barril entre 130 y 170 °C; obtuvieron mayor expansión a temperatura intermedia (140 a 150 °C) y baja humedad (26%), contrario a los resultados del presente estudio, sin embargo, las condiciones de trabajo reportadas fueron para botanas de segunda generación.

T. A. Nascimento et al., (2017) determinaron el efecto de la temperatura de extrusión y del contenido de grano gastado resultante de la manufactura de cerveza, (BSG), sobre las propiedades físicas y las características de textura de extrudidos de arroz, directamente expandidos. La expansión se redujo cuando aumentó el contenido de BSG, lo cual se atribuye a la composición del grano, principalmente al alto contenido de proteína (21.78 g) y al bajo contenido de almidón (10.81 g), debido a que éste último es el principal componente, responsable de la expansión por sus propiedades de gelatinización (Day & Swanson, 2013), además de contribuir a otras características del producto final como la dureza, crujencia, entre otras (Panak Balentić et al., 2018). En el presente estudio se utilizó harina de garbanzo, con un contenido de proteínas de 20 g, cercano a lo reportado por T. A. Nascimento et al., (2017), sin embargo, se tiene un mayor contenido de almidón (> 60 %), en las botanas, con respecto a lo reportado por los autores, por lo que se obtuvieron botanas de tercera generación con buen grado de expansión ($IE > 2$).

Se ha reportado que las proteínas contribuyen sobre la expansión, de modo positivo o negativo, lo cual dependerá del tipo, concentración y capacidad de afectar la

distribución del agua en la matriz de los extrudidos (Moraru & Kokini, 2003). Ruiz-Armenta et al., (2018), estudiaron el efecto del proceso de extrusión sobre el contenido de carotenoides, las propiedades físicas y sensoriales de botanas de tercera generación a base de maíz, enriquecidas con bagazo de fruta de naranjita. Los autores reportaron un efecto significativo de la temperatura de extrusión sobre el índice de expansión, mientras que no hubo efecto significativo por el contenido de humedad. La máxima expansión (> 7), se obtuvo a alta temperatura (> 128 °C) y baja humedad ($< 24\%$), a diferencia del presente estudio, la mejor expansión (> 2) se obtuvo a altas temperaturas y altos contenidos de humedad. La diferencia en el grado de expansión se atribuye no sólo a las condiciones de procesamiento, sino también a la composición de los materiales utilizados para la obtención de las botanas de tercera generación, principalmente a la cantidad de proteínas y almidón. Los autores reportaron que sus botanas contenían 2.76% de proteínas y 89.17% de carbohidratos. Se ha reportado que el almidón es el componente que juega el papel más importante en el proceso de extrusión, además de que el almidón de maíz se utiliza como principal materia prima para la elaboración de botanas de tercera generación porque presenta mayores índices de expansión que otros almidones (Lee et al., 2000; Moraru and Kokini, 2003; St-Onge et al., 2007; Offiah et al., 2018), por otro lado, la adición de proteínas puede reducir la expansión (Chaiyakul et al., 2009), a diferencia de lo reportado por los autores, se observa que el contenido de proteínas del presente estudio fue mayor. De acuerdo con Panak Balentić et al., (2018), la temperatura influye de manera importante sobre la expansión del producto, ya que por encima de la temperatura vítrea (T_g) (Temperaturas > 100 °C, Humedades 35-45%), el almidón tiene un comportamiento elástico, por lo que aumenta la expansión del material, mientras que, al aumentar el contenido de humedad la expansión se reduce.

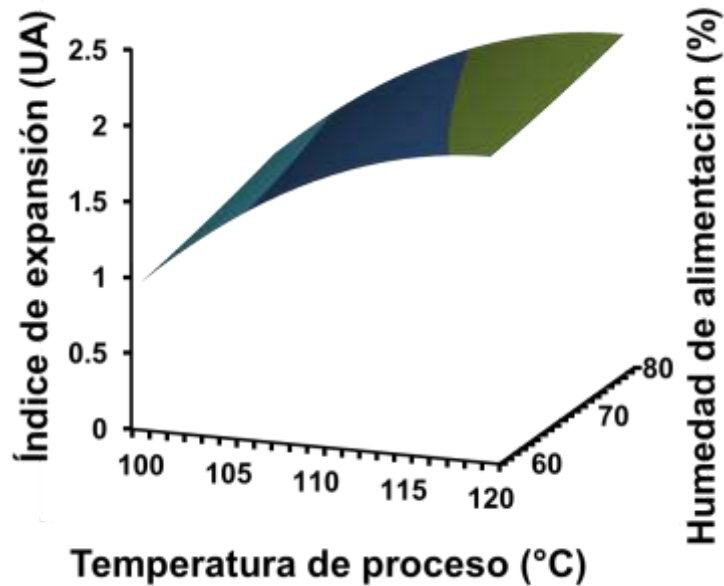


Figura 26 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de expansión (IE) de las botanas extrudidas. (*Fuente:* Elaboración propia)

6.3.2.1.1.2 Densidad aparente

La temperatura de alimentación tuvo efecto significativo sobre la densidad aparente (DAp), mientras que la humedad del material de alimentación no tuvo efecto (Tabla 22). El modelo de predicción utilizado explicó el 79 % de la variación total ($p \leq 0.043$) para la DAp, (Tabla 21).

En la Figura 27, se muestra el efecto de la temperatura y la humedad de las muestras, sobre la DAp de las botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo. Los valores de densidad aparente (DAp) de los extrudidos estuvieron en el rango de 339.28 a 483.66 kg/m³ (Tabla 20). El valor más bajo de densidad fue 339.28±15.18 kg/m³, obtenido bajo condiciones de procesamiento de 80% de humedad y 110 °C, por otra parte, el tratamiento que presentó mayor densidad fue el que se procesó a 60% de humedad y 100 °C, con un valor de 483.66±65.07 kg/m³. Se obtuvieron expandidos de baja densidad aparente, cuando se usaron temperaturas altas de extrusión (Figura 27).

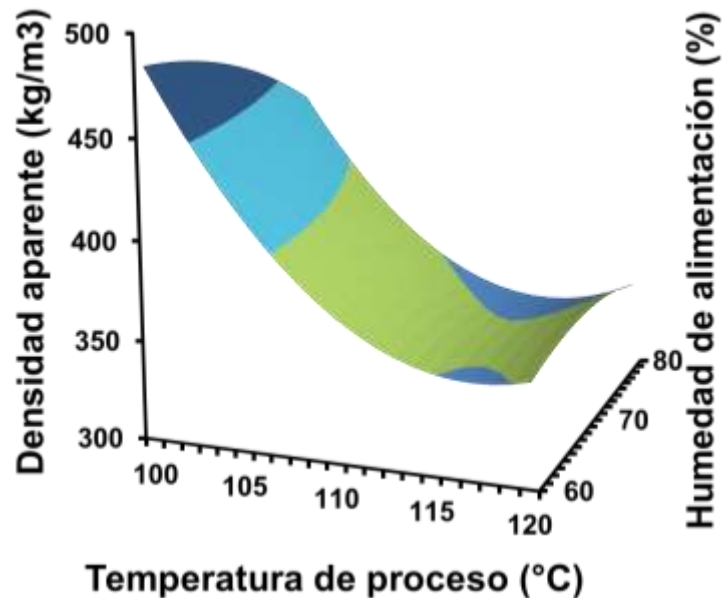


Figura 27 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la densidad aparente (DAp) de las botanas extrudidas. (*Fuente:* Elaboración propia)

La densidad de los extrudidos está directamente relacionada con el índice de expansión, por lo tanto, con la estructura de las células y la formación de poros. Yovchev et al., (2017) obtuvieron productos directamente expandidos, de garbanzo y cebada, la DAp de los extrudidos de garbanzo se vio principalmente afectada por la temperatura y la velocidad de tornillo, mientras que, en los extrudidos de cebada, la humedad fue el factor que más afectó. Los productos de cebada y garbanzo de baja densidad aparente, se lograron bajo condiciones de baja humedad, alta temperatura y velocidad de tornillo media a alta, las condiciones usadas en el estudio fueron temperaturas de 120 a 150 °C, contenidos de humedad de 20 a 24% y velocidades de tornillo de 260 a 340 rpm. En el estudio realizado por T. A. Nascimento et al., (2017), para productos directamente expandidos, la cantidad de grano gastado resultante de la manufactura de cerveza, (BSG), tuvo un efecto significativo sobre la DAp, la cual varió de 168.1 a 259.6 kg/m³. Los valores reportados están por debajo de los obtenidos en la presente investigación, debido a que, al tratarse de productos directamente expandidos, se forman burbujas de aire en la estructura interna del material, lo que disminuye la densidad del extrudido

(Parada & Aguilera, 2007). Tovar-Jiménez et al., (2015) evaluaron el efecto del uso de harina de bagazo de naranja para enriquecer botanas de tercera generación, elaboradas con almidón de papa y harina de maíz nixtamalizado. La temperatura de extrusión y la humedad tuvieron un efecto significativo sobre la DAp, sin embargo, el efecto de la humedad fue aún mayor, ya que la DAp disminuyó al reducir el contenido de humedad. Los autores reportaron una relación inversamente proporcional entre el IE y la DAp, mismo efecto que se observó en la presente investigación.

Algunos otros autores reportaron que temperaturas altas ($> 135^{\circ}\text{C}$) puede influir sobre la degradación del almidón, lo que a su vez se reflejará sobre la disminución de la densidad aparente. La expansión de *pellets* de tercera generación, con menor densidad y mayor expansión, está relacionada con el grado de gelatinización del almidón, que debe ser de aproximadamente (50%), el cual está mayormente influenciado por la temperatura de extrusión (Lee et al., 2000; Delgado-Nieblas et al., 2012; Giolo Taverna et al., 2012; Tovar-Jiménez et al., 2015; Ruiz-Armenta et al., 2018). De acuerdo a lo anterior, altas temperaturas de procesamiento podrían generar la degradación de las moléculas de almidón, y a su vez proporcionar productos con alta densidad aparente y baja expansión.

6.3.2.1.1.3 Dureza y crujencia

La dureza, no se vio afectada por la temperatura de proceso ni la humedad del material de alimentación. Los valores de dureza (D) de los extrudidos estuvieron en el rango de 16.70 a 22.56 N (Tabla 20). La mínima dureza fue 16.70 ± 3.42 N, obtenida bajo las condiciones de procesamiento de 80% de humedad y 100°C , el tratamiento que presentó mayor dureza fue el que se procesó 80% de humedad y 120°C , con un valor de 22.56 ± 3.80 N.

La dureza se define como la fuerza mecánica necesaria para que el alimento se deforme o rompa al comprimir el material con los molares, en la primera mordida (Bourne, Kenny, & Barnard, 1978; Civille & Szczesniak, 1973; Guiné, Almeida, & Correia, 2014; Philipp, Buckow, Silcock, & Oey, 2017).

Yovchev et al., (2017) obtuvieron productos directamente expandidos, de garbanzo y cebada evaluando temperaturas de 120 a 150 °C, contenidos de humedad de 20 a 24% y velocidades de tornillo de 260 a 340 rpm. En los extrudidos de cebada, la temperatura, humedad y velocidad de tornillo tuvo efecto sobre la dureza, mientras que ninguno de los factores de procesamiento que analizaron afectó de manera significativa los extrudidos de garbanzo. Se obtuvieron expandidos de garbanzo de baja dureza cuando se procesaron a alta temperatura, alta humedad y alta velocidad de tornillo, contrario con lo obtenido en el presente estudio (Figura 28), las diferencias encontradas pueden atribuirse principalmente al contenido de humedad, ya que éste influye directamente sobre el grado de gelatinización y degradación del almidón, y cuanto más aumenta la humedad, mayor dureza tiene el producto, debido a la disminución de agua que ingresa en la matriz amilácea (Tovar-Jiménez et al., 2015).

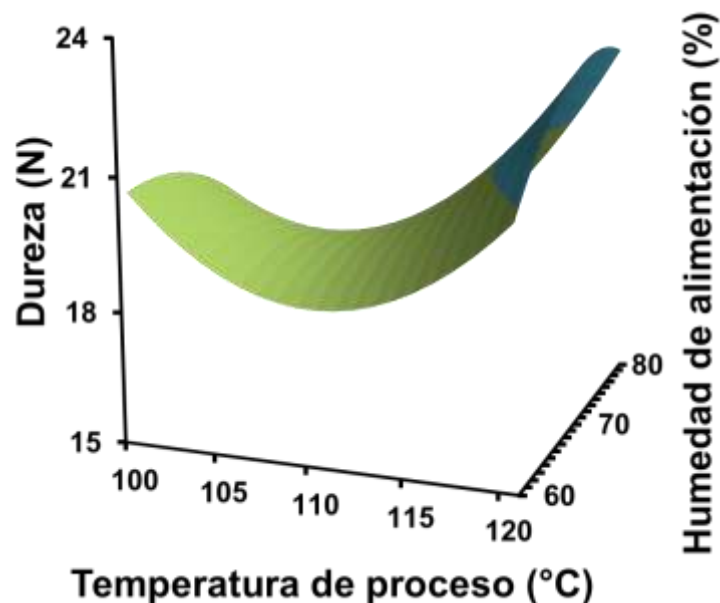


Figura 28 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la dureza (D) de las botanas extrudidas. (Fuente: Elaboración propia)

Ruiz-Armenta et al., (2018) reportaron que, para extrudidos de tercera generación a base de maíz, enriquecidas con bagazo de fruta de naranjita, se presentó efecto significativo de la temperatura de extrusión y de la humedad del material de

alimentación, contrario con lo obtenido en este estudio, sin embargo, la mayor dureza se presentó a baja temperatura y observaron una relación inversa entre el IE y la D, puesto que, a medida que el producto se vuelve más duro, tiende a expandirse menos (Shah Faiz-UI-Hassan et al., 2016). En el presente estudio, la dureza incrementó con el aumento de temperatura y se observó que los extrudidos con mayor IE también fueron los más duros. El incremento de la dureza con respecto a la temperatura puede atribuirse al grado de gelatinización y degradación del almidón (Tovar-Jiménez et al., 2015).

En la Tabla 21, se muestra el efecto de la temperatura de proceso y la humedad del material de alimentación sobre la crujencia de los productos extrudidos. La temperatura tuvo efecto significativo sobre la crujencia, mientras que la humedad del material de alimentación no tuvo efecto. El modelo de predicción utilizado explicó el 83 % de la variación total ($p \leq 0.023$) para los valores de crujencia (Tabla 22). El rango de número de picos estuvo entre 2.42 y 4.17 (Tabla 20), a mayor número de picos, mayor crujencia. La máxima crujencia (C) fue de 4.17 ± 1.95 , obtenida bajo las condiciones de procesamiento de 80% de humedad y 110 °C, por otra parte, los tratamientos que presentaron menor crujencia fueron los que se procesaron a 60% y 80% de humedad y 100 °C, con valores de 2.42 ± 0.76 y 2.42 ± 1.04 , respectivamente. Se obtuvieron expandidos más crujientes, a alta temperatura de procesamiento (120 °C) y extrudidos de baja dureza a temperatura media (110 °C) (Figura 29).

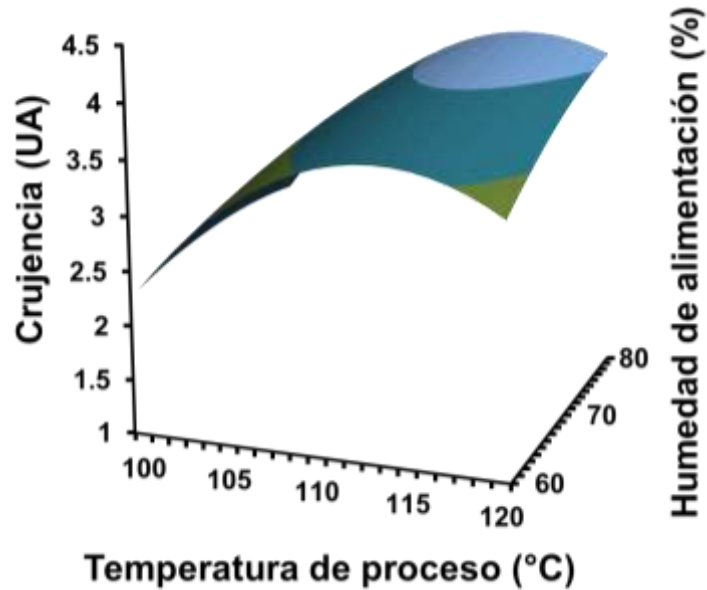


Figura 29 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre la crujección (C) de las botanas extrudidas. (Fuente: Elaboración propia)

La crujección se relaciona con aquella sensación auditiva, de tono bajo y sonido fuerte, que acompaña la masticación (Chauvin, Younce, Ross, & Swanson, s. f.; Philipp et al., 2017). Se ha reportado que, al aumentar la dureza, la crujección disminuye, así mismo, la formación de burbujas de aire en la estructura interna del producto, está directamente relacionada con la crujección, por lo que el aumento de temperatura favorece la formación de burbujas, obteniendo productos más crujientes (van Laarhoven and Staal, 1991; Parada and Aguilera, 2007; Ferreira et al., 2011; Nascimento et al., 2012), el mismo efecto de la temperatura se observó en los extrudidos del presente estudio, por lo que la disminución de crujección se atribuye a la compresión de las burbujas de aire.

6.3.2.1.1.4 Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua

La temperatura de procesamiento y la humedad del material de alimentación no tuvieron un efecto significativo sobre el índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad de agua (ISA). Los valores de índice de absorción de agua (IAA) de los extrudidos estuvieron en el rango de 4.44 a 5.08 g agua absorbida/g sólidos secos (Tabla 20). El valor más alto de IAA fue de 5.08 ± 0.09 g de agua absorbida/g

de sólidos secos, obtenido cuando las condiciones de procesamiento fueron 80% de humedad y 100 °C, el tratamiento que presentó menor índice de absorción de agua fue el que se obtuvo a 60% de humedad y 120 °C, con un valor de IAA 4.44 ± 0.13 g de agua absorbida/g de sólidos secos.

Los valores de índice de solubilidad de agua (ISA) de los extrudidos estuvieron en el rango de 11.35 a 12.27% (Tabla 20). El valor más alto de ISA fue $12.27\pm 0.26\%$, obtenido bajo las condiciones de procesamiento de 80% de humedad y 120 °C, mientras que el tratamiento que presentó menor índice de solubilidad de agua fue el obtenido a 60% de humedad y 110 °C, con un valor de ISA de $11.35\pm 0.20\%$, respectivamente.

Se observa que el IAA disminuyó al aumentar la temperatura de extrusión, y aumentó al aumentar la humedad del material de alimentación (Figura 30). Por otra parte, el ISA aumentó al aumentar la temperatura de extrusión y la humedad (Figura 31).

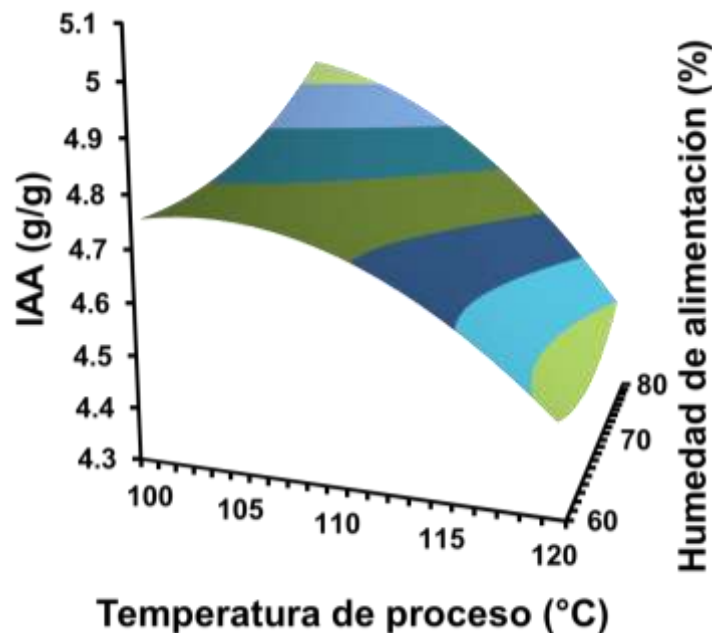


Figura 30 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de absorción de agua (IAA) de las botanas extrudidas. (Fuente: Elaboración propia)

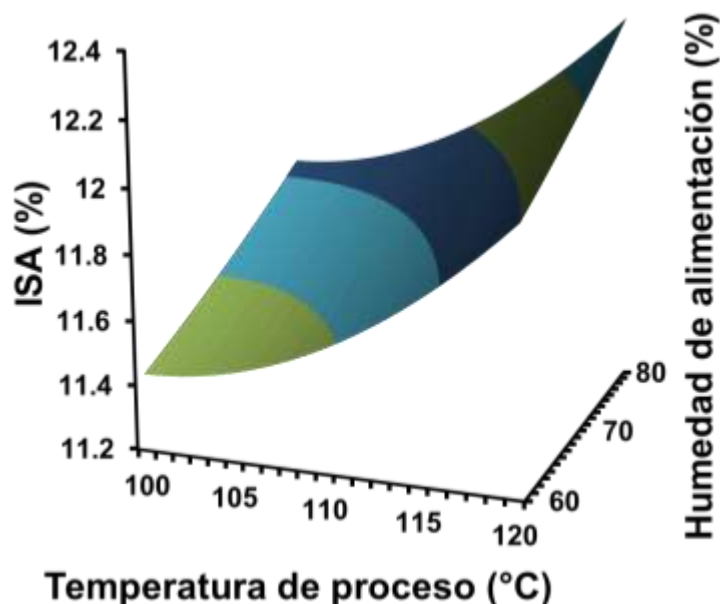


Figura 31 Diagrama de superficie para los efectos combinados de las variables independientes sobre el índice de solubilidad de agua (ISA) de las botanas extrudidas. (Fuente: Elaboración propia)

En un estudio en el que se optimizaron las variables de proceso (contenido de humedad, temperatura de dado y velocidad de tornillo) para la obtención de un expandido multigrano enriquecido con proteína (Sharma, Yadav, Mridula, & Gupta, 2016), todas las variables estudiadas tuvieron efecto significativo sobre el IAA y el ISA. Para el IAA, reportaron valores entre 3.74 y 5.22 g/g, los cuales coinciden con los encontrados en el presente estudio (4.44 a 5.08 g/g), mientras que, para el ISA, los valores reportados fueron entre 20.92 y 45.37%, los cuales son superiores a los encontrados en el presente estudio. Los autores reportaron que tanto el IAA como el ISA aumentaron con el aumento de la temperatura y disminuyeron con el aumento de la humedad. En el presente estudio se observó el fenómeno contrario para el IAA, lo que puede atribuirse en primer instancia al efecto plastificante que ejerce el agua (Kumar, Sarkar, & Sharma, 2010), debido a que el IAA indica el volumen ocupado por el almidón después de hincharse en exceso de agua (gelatinización) (Ding, Ainsworth, Tucker, & Marson, 2005), y en segunda instancia al “melting” o fusión de los cristales formados por cadenas cortas de amilopectina, la cual ocurre a bajos contenidos de humedad (Bahrani et al., 2017). Se ha reportado que el

melting y la sobregelatinización influyen significativamente y de manera perjudicial, sobre la entalpía de gelatinización, ambas transiciones de fase del almidón pudieron ocurrir durante el proceso de obtención de los extrudidos. Para el ISA se observó un aumento por influencia de la temperatura y la humedad, efecto que coincide con lo reportado por Sharma et al., (2016). Lo anterior se atribuye al grado de gelatinización obtenido durante el proceso de elaboración de las botanas, debido a que el ISA indica la degradación de las moléculas de almidón y mide el grado de conversión de las mismas, durante el proceso de extrusión (Ding et al., 2005).

6.3.2.2 Caracterización de propiedades microestructurales de las botanas de tercera generación

6.3.2.2.1 Microscopía electrónica de barrido

Se realizó microscopía electrónica de barrido para observar los cambios microestructurales sobre las botanas de tercera generación expandidas. En la Figura 32, se observan las micrografías de los seis tratamientos del diseño de experimentos factorial (Tabla 10). En la Figura 32A, 32B y 32C, se observa que la estructura de las cavidades es más irregular y rugosa y que la pared de las celdas de aire es uniforme y gruesa, mientras que, en la Figura 32D, 32E y 32F, se observan cavidades de apariencia más lisa y uniforme y las paredes de las celdas de aire son más delgadas, e irregulares. El aumento en la presión interna del producto expandido sucede por la evaporación del agua que contiene, lo que a su vez se refleja en productos más expandidos, que estructuralmente muestran celdas de aire más grandes que forman paredes con superficies lisas (Aguilar-Palazuelos et al., 2012). Altas temperaturas influyen sobre la presión de vapor, que a su vez favorecerá el crecimiento de las burbujas de aire de los expandidos (Moraru and Kokini, 2003), tal y como se observa en la Figura 32, donde los tratamientos E y F, procesados a alta temperatura (120°C), mostraron burbujas más grandes que los tratamientos A y B procesados a menor temperatura (100°C).

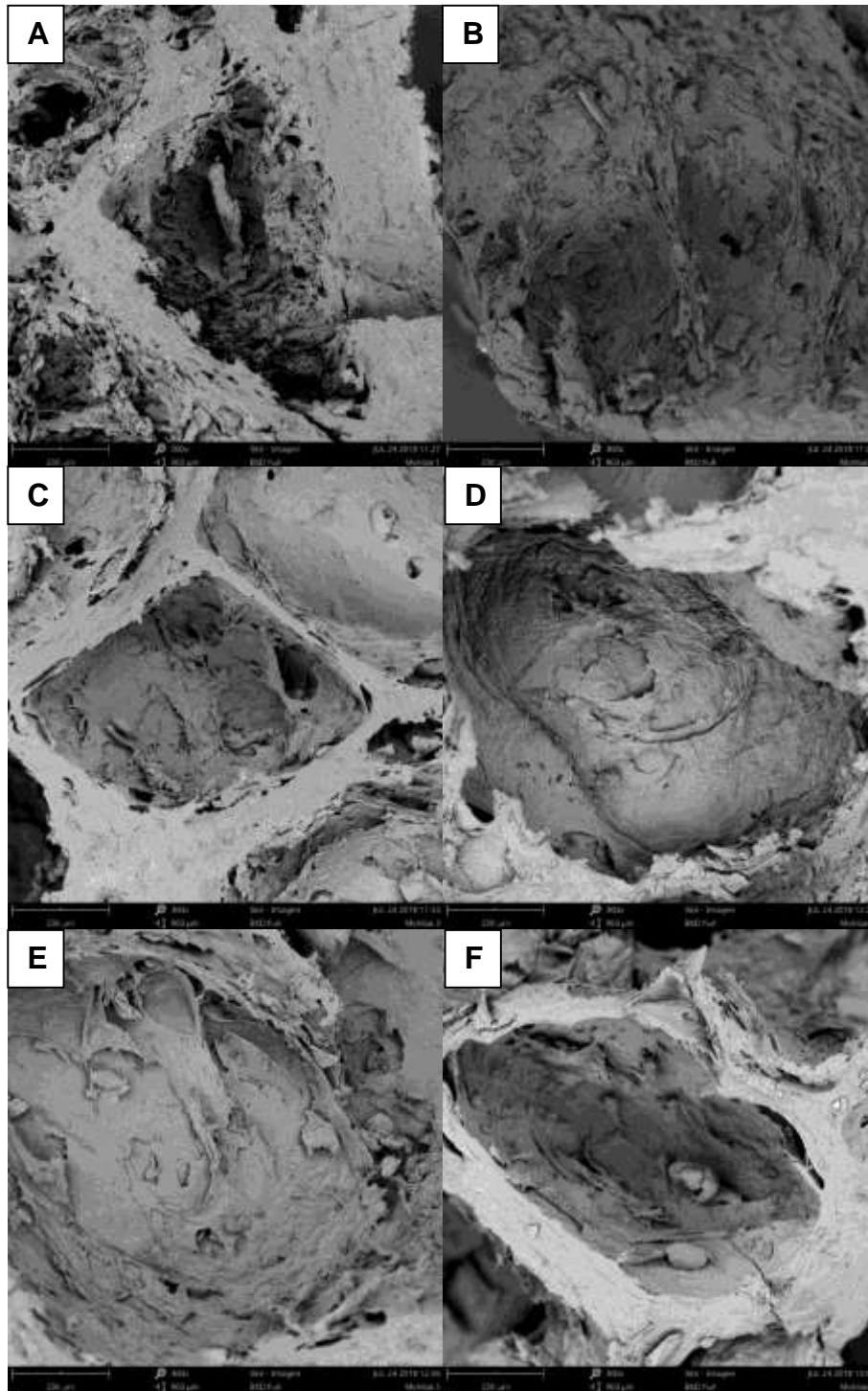


Figura 32 Micrografías electrónicas de barrido (300X) de los productos expandidos con aire caliente de los diferentes tratamientos del diseño experimental factorial. A: 100 °C y 60% de contenido de humedad; B: 100 °C y 80% de contenido de humedad; C: 110 °C y 60% de contenido de humedad; D: 110 °C y 80% de contenido de humedad; E: 120 °C y 60% de contenido de humedad; F: 120 °C y 80%. (*Fuente: Imagen propia*)

6.3.2.3 Optimización de las botanas enriquecidas con garbanzo

A partir de los resultados obtenidos para las características fisicoquímicas determinadas en el diseño de experimentos, como parte de la estandarización del proceso de obtención de botanas de tercera generación, las condiciones óptimas se determinaron maximizando el IE y minimizando la DAp y la fuerza requerida (textura). La Figura 33 muestra el efecto de las variables del proceso de extrusión (temperatura y humedad) sobre IE, DAP y la Dureza de las botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo. En la región de optimización los parámetros que cumplen con las especificaciones corresponden a 110 °C de temperatura de proceso y 80% de humedad del material de alimentación, con un 90% de deseabilidad. Los parámetros de proceso seleccionados presentaron un IE=1.96, DAp= 339.28 kg/m³ y D=18.18 N.

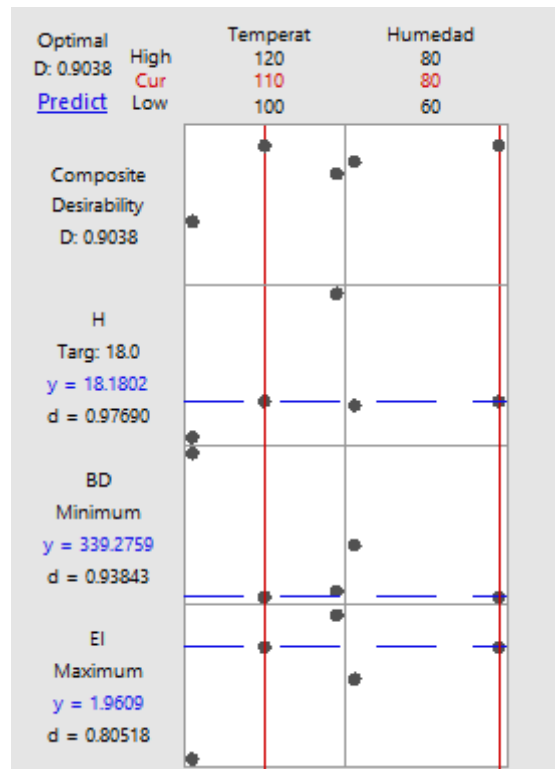


Figura 33 Diagrama de optimización del diseño experimental para la obtención de botanas de tercera generación con leguminosa. (Fuente: Elaboración propia)

6.3.2.4 Análisis sensorial

Se realizó una prueba de preferencia pareada aleatorizada en la que 50 panelistas no entrenados calificaron los atributos de dureza, crujencia y aceptabilidad general, de dos muestras (Apéndice 1, Formato 4). La primera muestra se obtuvo a través del proceso de optimización, el cual indicó condiciones de procesamiento de 110 °C y 80 % de humedad (Figura 33). La segunda muestra, obtenida bajo las condiciones de proceso de 120 °C y 80 % de humedad, se seleccionó por exponer el mayor grado de expansión. Los valores para la primera muestra fueron IE=1.96, DAp= 339.28 kg/m³ y D=18.18 N, en tanto que, para la segunda muestra fueron IE=2.19, DAp= 344.11 kg/m³ y D=22.56 N (Tabla 20). La primera muestra fue más crujiente, menos dura y menos expandida, y la segunda muestra fue menos crujiente, más dura y más expandida.

El análisis estadístico (Tabla 23) se realizó a través de una prueba de T de Student, la cual no mostró diferencias significativas entre ambas muestras ($P > 0.05$).

Tabla 23 Comparación de medias por prueba de T de Student

Atributo	Valor P
Dureza	0.112*
Crujencia	0.234*
Aceptabilidad general	0.693*

* $P > \alpha$ (0.05). (Fuente: Elaboración propia)

Para que un producto extrudido cumpla con la calidad deseada debe presentar alta expansión, baja densidad aparente y una textura firme y crujiente, en este sentido, la textura, específicamente la crujencia, es el principal parámetro demandado por los consumidores, como atributo de calidad y aceptación para las botanas (Rodríguez-Vidal et al., 2016; Shah Faiz-Ul-Hassan et al., 2016; Shaviklo, Azaribeh, Moradi, & Zangeneh, 2015; Spinello, Leonel, Mischán, & Lopes do Carmo, 2014; Tańska, Konopka, & Ruszkowska, 2017; Yovchev et al., 2017), a pesar de no

encontrar diferencias significativas, mayor porcentaje de panelistas seleccionaron la muestra procesada a 120 °C y 80% de humedad, como la preferida (Figura 34).

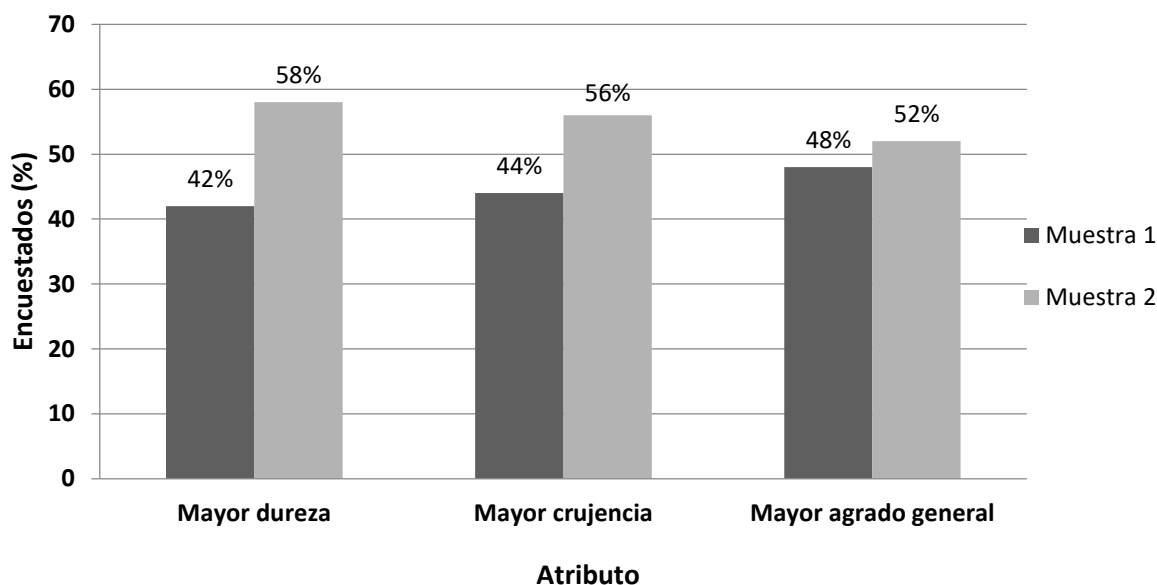


Figura 34 Análisis de prueba de preferencia pareada aleatorizada en algunas características sensoriales de botanas (Oscuro, Muestra 1: 110 °C/80 %H: Claro, Muestra 2: 120 °C/80 %H).
(Fuente: Elaboración propia)

6.3.3 Viabilidad financiera de las botanas de tercera generación

Para la viabilidad financiera se calculó el costo por unidad, para 30 y 100 g de producto, a partir del cual se fijó el precio de venta, considerando el doble de ganancias (Tabla 24).

Tabla 24 Costos y precios de venta

Concepto	Costo total por unidad	Precio de venta
30 g	\$ 5.88	\$ 11.76
100 g	\$ 8.18	\$ 16.36

(Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo a la FAO, los precios de un producto se pueden fijar con base en el mercado, de manera competitiva, por introducción, según el tamaño, por zonas geográficas, por costo más ganancia. La fijación de precio con base en el mercado

solamente se utiliza cuando existen a la venta productos similares, esta técnica fue la utilizada, por lo que se realizó la revisión del precio de venta de los productos competencia (Tabla 25), la técnica sugiere que el precio fijado no debe quede por encima de los productos similares, para generar ventas.

En la Tabla 25, se muestra la comparación de costos entre la botana desarrollada y los productos considerados en el *benchmarking* (Tabla 13). Se observó que el precio del producto Parios, está por debajo del precio de la botana desarrollada (\$16.00 y \$24.00, respectivamente), sin embargo, la diferencia en costo es insignificante cuando se considera la calidad de la botana desarrollada, así como su bajo aporte en grasa y sodio y su mayor contenido de proteína frente al producto Parios. Respecto al resto de los productos, el costo de la botana desarrollada fue menor, lo que representa una ventaja para su posterior venta.

Tabla 25 Comparación de costos entre botanas

Botana	Costo por 100 g
3G* con garbanzo	\$ 24.00
Parios	\$ 16.00
Soya Sticks	\$ 28.00
Ratlami Sev	\$ 26.00
Hippeas	\$ 54.00

(Fuente: Elaboración propia)

6.3.4 Elaboración de etiqueta

Se elaboró la tabla nutrimental (Figura 35), con los resultados obtenidos en los análisis bromatológicos, para la botana mayormente aceptada en la prueba de preferencia pareada aleatorizada, correspondiente al producto con un contenido del 25% de garbanzo. La porción contiene 30g de producto (DOF; FDA), mismo que puede declararse con “Bajo contenido” de grasa, “Muy bajo contenido” de sodio, “Alto” en fibra y “Con” proteína, de acuerdo a las declaraciones de propiedad nutrimental establecidas por la FAO (Codex Alimentarius (CAC/GL 23-1997); El contenido de grasa es menor que 3g/100g; el de sodio, menor que 35mg/porción; el

de fibra, mayor que 6g/100g y el de proteína, aproximadamente 14g/100g de producto (NOM-086-SSA1-1994).

Información Nutricional		
Tamaño por Porción:	30 g	
Porciones por Envase:	1	
Cantidad por Porción		
Energía (Calorías)	452 kJ (108 kcal)	
Energía de grasa (Cal. Grasa)	24 kcal	
	% Valor Diario*	
Grasa Total	0.65g	1%
Grasa Saturada	0.0g	0%
Grasa Polinsaturada	0.0g	
Grasa Monoinsaturada	0.0g	
Grasa Trans	0.0g	
Colesterol	0.0mg	0%
Sodio	10mg	0.4%
Carbohidratos Totales	21g	7%
Fibra Dietética	2.5g	10%
Azúcares	0.85g	
Proteína	4.36g	

*Los Porcentajes de Valores Diarios están basado en una dieta de 2 000 calorías (8380 kJ). Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas.

Figura 35 Tabla nutrimental calculada. (Fuente: Elaboración propia)

Algunos valores nutrimentales del producto elaborado (Figura 35), se compararon contra los valores nutrimentales de las botanas del *benchmarking* (Tabla 26). La comparación se realizó con base en 100 g de producto. Se observó que la cantidad de carbohidratos y proteína del producto desarrollado es cercana a los valores que se reportan en el resto de los productos. La cantidad de grasa y la cantidad de sodio están muy por debajo de los valores que se reportan en el resto de los productos.

Tabla 26 Comparación de macro y micro nutrientes de las botanas, por cada 100g

Producto	CHO (g/100g)	Grasas (g/100g)	Proteína (g/100g)	Sodio (mg/100g)
Hippeas	64	18	14	536
Soya Sticks	42	35	14	624

Ratlami Sev	42	39	11	126
*Parios	60	20	8	1796
Botana desarrollada	70	2	14	33

(Fuente: Elaboración propia)

Se diseñó la etiqueta del producto acuerdo a las especificaciones establecidas en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. La parte frontal (Figura 36) sigue las especificaciones marcadas por COFEPRIS, incluyendo las guías dietarias alimentarias (GDA's) de grasa saturada, otras grasas, azúcares totales, sodio y energía. Estas especificaciones deben cumplirse debido a que su objetivo es informar al consumidor sobre el contenido nutrimental y el aporte energético (calorías) de los alimentos preenvasados.



Figura 36 Etiqueta frontal del producto. (Fuente: Imagen propia)

Para la parte reversa (Figura 37), se incluyó la tabla de información nutrimental y la lista de ingredientes de acuerdo a las especificaciones establecidas en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.



Figura 37 Etiqueta reversa de producto. (Fuente: Imagen propia)

A través de los análisis bromatológicos, se elaboró la tabla nutrimental de la botana de tercera generación enriquecida con garbanzo. El contenido de macro y micronutrientes se comparó con el de los productos comerciales analizados en el *benchmarking*, de acuerdo a lo reportado en sus etiquetas.

A comparación de muchas botanas que se encuentran en el mercado actual, el producto desarrollado es bajo en grasa y en sodio, características importantes a nivel nutricional e incluso mercadológico, ya que el producto puede dirigirse a nuevos usuarios que estén interesados en comprarlo y a futuro lo prefieran frente a una botana comercial convencional para su consumo frecuente.

7. CONCLUSIONES

El 96% del sector de la población consume algún tipo de botana, sin embargo, la mayor parte de los consumidores coincide en que son productos de bajo valor nutricional debido a las cantidades de grasa y sodio que contienen.

La variedad de botanas es insuficiente para los consumidores que buscan alternativas saludables y las opciones que hay son costosas o no se encuentran disponibles para todo tipo de clientes.

El uso de estrategias de innovación permitió conocer las necesidades de los consumidores de botanas, definir el problema a resolver y con ello desarrollar un producto que lograra satisfacer sus necesidades.

La temperatura de procesamiento y la humedad del material de alimentación son importantes parámetros de proceso para la obtención de botanas de tercera generación obtenidas por extrusión.

A 120 °C y 80% de contenido de humedad en el material de alimentación, se obtuvieron botanas de tercera generación mayormente expandidas y crujientes.

Añadir garbanzo influyó directamente sobre las características fisicoquímicas de las botanas de tercera generación, principalmente sobre el índice de expansión y la textura.

La temperatura de 120°C y el contenido de humedad en el material de alimentación de 80%, permitió obtener botanas de tercera generación enriquecidas con garbanzo, mediante extrusión sin afectar la calidad fisicoquímica además ser un producto con 90% menos grasa, 98% menos sodio y mayor contenido de fibra, respecto a otras botanas comerciales, características que mejora su calidad nutricional.

El producto ofrece una alternativa sensorialmente aceptada y económicamente competitiva, que es baja en sodio y en grasa y alta en fibra y con proteína, atributos

importantes frente al resto de productos tipo botana que hoy en día son líderes del mercado, pero carecen de los mismos.

El desarrollo de una botana de tercera generación enriquecida con garbanzo es una oportunidad para la innovación de botanas debido a los importantes atributos sensoriales y nutrimentales que ofrece.

8. BIBLIOGRAFÍA

Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC); Communications and Consultations, and Gouvernement du Canada; Agriculture et Agroalimentaire Canada; Direction générale des communications et des consultations. "Agriculture and Agri-Food Canada," March 7, 2016.

Aguilar-Palazuelos, E., J. de J. Zazueta-Morales, and F. Martínez-Bustos. 2006. Preparation of High-Quality Protein-Based Extruded Pellets Expanded by Microwave Oven. *Cereal Chem.* 83:363–369. doi:10.1094/CC-83-0363.

Aguilar-Palazuelos, E., J. de J. Zazueta-Morales, E. N. Harumi, and F. Martínez-Bustos. 2012. Optimization of extrusion process for production of nutritious pellets. *Food Sci. Technol.* 32:34–42. doi:10.1590/S0101-20612012005000005.

Aguilera-Gutiérrez, Y. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. doi:<http://dx.doi.org/10.13039/501100006280>. Available from: <https://digital.csic.es/handle/10261/101592>

Arias, C. E. A. 2018. El método LEAN STARTUP: una revisión teórica. *Gest. Ingenio Soc.* 3:18–25.

Arias-García, R. M. E., G. Pérez-Palacios, and C. D. de Bazúa. 2007. Condiciones de operación de extrusores de tornillo simple para mezclas de harina de trigo. Parte 2: Montaje, arranque y operación de una planta industrial. *Tecnol. Cienc. Educ.* 22:67–77.

Åstebro, T. 2003. Key Success Factors for R&D Project Commercialization.

Ávila, R. 2017. El garbanzo le da un respiro al campo. *Info Rural*. Available from: <http://www.inforural.com.mx/garbanzo-le-da-respiro-al-campo/>

Awol, S. 2015. Effect of chick pea level and feed moisture content on physical properties of teff flour extrudates. *Int. Food Res. J.* 22:539–545.

Badui-Dergal, S. 2006. *Química de los alimentos*. Pearson Educación.

Bahrani, S.-A., C. loisel, S.-A. Rezzoug, S. Cohendoz, A. Buleon, and Z. Maache-Rezzoug. 2017. Physicochemical and crystalline properties of standard maize starch hydrothermally treated by direct steaming. *Carbohydr. Polym.* 157:380–390. doi:10.1016/j.carbpol.2016.10.009.

Bastos-Cardoso, I., J. de J. Zazueta-Morales, F. Martínez-Bustos, and Y. Kil-Chang. 2007. Development and Characterization of Extruded Pellets of Whole Potato (*Solanum tuberosum* L.) Flour Expanded by Microwave Heating. *Cereal Chem.* 84:137–144. doi:10.1094/CCHEM-84-2-0137.

Beck, S. M., K. Knoerzer, and J. Arcot. 2017. Effect of low moisture extrusion on a pea protein isolate's expansion, solubility, molecular weight distribution and secondary structure as determined by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). *J. Food Eng.* 214:166–174. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.06.037.

Beltrán-Rico, M., and A. Marcilla-Gomis. 2012. *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades.* Universidad de Alicante.

Biderbost, E. 2014. Contribución al Mejoramiento Genético y Cultural del Garbanzo en Argentina. Available from: <http://garbanzoargentina.com/>

Bourne, M. C., J. F. Kenny, and J. Barnard. 1978. Computer-Assisted Readout of Data from Texture Profile Analysis Curves1. *J. Texture Stud.* 9:481–494. doi:10.1111/j.1745-4603.1978.tb01219.x.

Camacho-Hernández, I. L., J. Zazueta-Morales, J. Gallegos-Infante, E. Aguilar-Palazuelos, N. Rocha-Guzmán, N.-C. O, N. Jacobo-Valenzuela, and C. Gomez-Aldapa. 2014. Effect of extrusion conditions on physicochemical characteristics and anthocyanin content of blue corn third-generation snacks. *CyTA - J. Food.* 12. doi:10.1080/19476337.2013.861517.

Cárdenas-Espinosa, R. D., C. A. Taba-González, and J. H. Jiménez-Alzate. 2011. Extrusión y Coextrusión de Lámina. Available from: <https://www.grin.com/document/179637>

Castro, A. M., J. A. M. Castro, and F. R. A. Martínez. 2014. *Administración Financiera.* Grupo Editorial Patria.

Chaiyakul, S., K. Jangchud, A. Jangchud, P. Wuttijumnong, and R. Winger. 2009. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. *LWT - Food Sci. Technol.* 42:781–787. doi:10.1016/j.lwt.2008.09.011.

Chauvin, M. A., F. Younce, C. Ross, and B. Swanson. Standard Scales for Crispness, Crackliness and Crunchiness in Dry and Wet Foods: Relationship with Acoustical Determinations. *J. Texture Stud.* 39:345–368. doi:10.1111/j.1745-4603.2008.00147.x.

Civille, G. V., and A. S. Szczesniak. 1973. Guidelines to Training a Texture Profile Panel. *J. Texture Stud.* 4:204–223. doi:10.1111/j.1745-4603.1973.tb00665.x.

Coirini-Carreras, A., and M. Nolasco. 2016. El cultivo de garbanzo en Córdoba: análisis con imágenes satelitales. Available from: <http://hdl.handle.net/10915/57403>

Day, L., and B. G. Swanson. 2013. Functionality of Protein-Fortified Extrudates. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 12:546–564. doi:10.1111/1541-4337.12023.

Delgado-Nieblas, C., E. Aguilar-Palazuelos, A. Gallegos-Infante, N. Rocha-Guzmán, J. Zazueta-Morales, and J. Caro-Corrales. 2012. Characterization and Optimization of Extrusion Cooking for the Manufacture of Third-Generation Snacks with Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.) Flour. *Cereal Chem.* 89:65–72. doi:10.1094/CCHEM-02-11-0016.

Dell’Era, C., and R. Verganti. 2009. Design-driven laboratories: organization and strategy of laboratories specialized in the development of radical design-driven innovations. *RD Manag.* 39:1–20. doi:10.1111/j.1467-9310.2008.00541.x.

Design Kit: The Human-Centered Design Toolkit. Available from: <https://www.ideo.com/post/design-kit>

Ding, Q.-B., P. Ainsworth, G. Tucker, and H. Marson. 2005. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *J. Food Eng.* 66:283–289. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.03.019.

DOF. DOF - Diario Oficial de la Federación. Available from: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5340693&fecha=15/04/2014

Dosi, G. 2000. *Innovation, Organization and Economic Dynamics: Selected Essays*. Edward Elgar Publishing.

Ercan, P., and S. N. El. 2016. Inhibitory effects of chickpea and *Tribulus terrestris* on lipase, α -amylase and α -glucosidase. *Food Chem.* 205:163–169. doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.012.

Fares, C., and V. Menga. 2014a. Chapter 41 - Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fortification of Cereal-Based Foods to Increase Fiber and Phytochemical Content. In: R. R. Watson, V. R. Preedy, and S. Zibadi, editors. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. Academic Press, San Diego. p. 533–546. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124017160000416>

Fares, C., and V. Menga. 2014b. Chapter 41 - Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fortification of Cereal-Based Foods to Increase Fiber and Phytochemical Content. In: R. R. Watson, V. R. Preedy, and S. Zibadi, editors. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. Academic Press, San Diego. p. 533–546. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124017160000416>

FDA. Labeling & Nutrition - Industry Resources on the Changes to the Nutrition Facts Label. Available from: <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm513734.htm>

Ferreira, R. E., Y. Kil Chang, and C. Steel. 2011. Influence of wheat bran addition and of thermoplastic extrusion process parameters on physical properties of corn-based expanded extruded snacks. *Aliment. E Nutr.* 22:507–520.

Foro Consultivo y Tecnológico AC. 2012. Glosario | Términos relacionados con la innovación. Available from: <http://www.foroconsultivo.org.mx/>

Gaucín, D. 2016a. Producción y consumo de legumbres (I). *El Econ.* Available from: <https://www.economista.com.mx/opinion/Produccion-y-consumo-de-legumbres-I-20160615-0010.html>

Gaucín, D. 2016b. Producción y consumo de legumbres (II) | *El Economista*. Available from: <https://www.economista.com.mx/opinion/Produccion-y-consumo-de-legumbres-II-20160616-0006.html>

Giolo Taverna, L., M. Leonel, and M. Mischán. 2012. Changes in physical properties of extruded sour cassava starch and quinoa flour blend snacks. *Food Sci. Technol. Camp.* 32:826–834. doi:10.1590/S0101-20612012005000113.

Gómez-López, P. 2013. Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3a. generación a base de chía y almidón de maíz resistente AR4. Available from: <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42635>

Guiné, R., C. Almeida, and P. Correia. 2014. Effect of packaging and conservation conditions on some physical-chemical properties of almonds. *J. Hyg. Eng. Des.* 8:82–87.

Hasenhuettl, G. L., and R. W. Hartel, eds. 2008. *Food Emulsifiers and Their Applications*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York. Available from: <http://www.springer.com/gp/book/9780387752839>

Hleap, J. I., and V. A. Velasco. 2010. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE TEXTURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE SALCHICHAS ELABORADAS A PARTIR DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis* sp.). *Biotecnol. En El Sect. Agropecu. Agroindustrial.* 8:46–56.

Huber, G. 2001. *Snack Foods from Cooking Extruders*.

Hui, Q., and W. Qing-xi. 2006. Radical Innovation or Incremental Innovation: Strategic Decision of Technology-intensive Firms in the PRC. 2006 IEEE Int. Eng. Manag. Conf. 327–331.

Hui, Y. H. 2006. *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. CRC Press.

Huq, M., and B. Hossain. 2014. Processing and Characterization of Ready to Eat Co-Filled Single Screw Extrusion Technology. Available from: <http://dspace.library.daffodilvarsity.edu.bd:8080/handle/20.500.11948/1014>

Ilo, S., R. Schoenlechner, and E. Berghofe. 2000. Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas Aceites*. 51:97–110. doi:10.3989/gya.2000.v51.i1-2.410.

van Kleef, E., H. C. M. van Trijp, and P. Luning. 2005. Consumer research in the early stages of new product development: a critical review of methods and techniques. *Food Qual. Prefer.* 16:181–201. doi:10.1016/j.foodqual.2004.05.012.

Korkerd, S., S. Wanlapa, C. Puttanlek, D. Uttapap, and V. Rungsardthong. 2016. Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products. *J. Food Sci. Technol.* 53:561–570. doi:10.1007/s13197-015-2039-1.

Kumar, N., B. C. Sarkar, and H. K. Sharma. 2010. Development and Characterization of Extruded Product Using Carrot Pomace and Rice Flour. *Int. J. Food Eng.* 6. doi:10.2202/1556-3758.1824. Available from: <https://www.degruyter.com/view/j/ijfe.2010.6.3/ijfe.2010.6.3.1824/ijfe.2010.6.3.1824.xml>

van Laarhoven, G. J. M., and G. Staal. 1991. Rheology of the paste from gelatinization by extrusion during the production of third-generation snacks. *J. Food Eng.* 14:53–70. doi:10.1016/0260-8774(91)90053-U.

Lara, N. 1999. Estudio del efecto de la expansión por aire caliente en las propiedades Fisico-Químicas, nutricionales y sensoriales de la semilla de amaranto (*Amaranthus caudatus*). Available from: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/357>

Lee, E. Y., K. I. Lim, J. Lim, and S.-T. Lim. 2000. Effects of Gelatinization and Moisture Content of Extruded Starch Pellets on Morphology and Physical Properties of Microwave-Expanded Products. *Cereal Chem.* 77:769–773. doi:10.1094/CCHEM.2000.77.6.769.

Legaz Pérez, I., I. L. Pérez, L. G. González, and A. L. Maldonado. 2017. Brainstorming como recurso docente para desarrollar competencia investigadora. *Rev. Iberoam. Educ.* 74:133–148.

Lengerich, B. H. van, and W. C. Lou. 1992. Filled, microwave expandable snack food product and method and apparatus for its production. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5124161A/en>

Liedtka, J. 2015. Perspective: Linking Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction. *J. Prod. Innov. Manag.* 32:925–938. doi:10.1111/jpim.12163.

Limón-Valenzuela, V., F. Martínez-Bustos, E. Aguilar-Palazuelos, J. J. Caro-Corrales, and J. J. Zazueta-Morales. 2010. Physicochemical Evaluation and Optimization of Enriched Expanded Pellets with Milk Protein Concentrate. *Cereal Chem.* 87:612–618. doi:10.1094/CCHEM-02-10-0030.

LN Creatividad y Tecnología. 2017. ¿QUÉ ES DESIGN THINKING? PENSAMIENTO DE DISEÑO. LN Creat. Tecnol. Blog Sentimos Multimed. Available from: <https://www.luisan.net/blog/disenio-grafico/que-es-design-thinking>

Maurya, A. 2012. *Running Lean: Iterate from Plan A to a Plan That Works*. O'Reilly Media, Inc.

Megías, C., I. Cortés-Giraldo, M. Alaiz, J. Vioque, and J. Girón-Calle. 2016a. Isoflavones in chickpea (*Cicer arietinum*) protein concentrates. *J. Funct. Foods*. 21:186–192. doi:10.1016/j.jff.2015.12.012.

Megías, C., I. Cortés-Giraldo, M. Alaiz, J. Vioque, and J. Girón-Calle. 2016b. Isoflavones in chickpea (*Cicer arietinum*) protein concentrates. *J. Funct. Foods*. 21:186–192. doi:10.1016/j.jff.2015.12.012.

Megias, J. 2012. Herramientas: La curva de valor de la competencia | Startups, Estrategia y Modelos de negocio. *Startups Estrateg. Model. Negocio*. Available from: <https://javiermegias.com/blog/2012/06/herramientas-la-curva-de-valor-de-la-competencia/>

Meilgaard, M. C., B. T. Carr, and G. V. Civille. 2006. *Sensory Evaluation Techniques*, Fourth Edition. CRC Press.

Moraru, C. i., and J. I. Kokini. 2003. Nucleation and Expansion During Extrusion and Microwave Heating of Cereal Foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2:147–165. doi:10.1111/j.1541-4337.2003.tb00020.x.

Muhammed, A. 2012. *Genetic Diversity in Plants*. Springer Science & Business Media.

Myllylä, J. 2018. Key Innovation Management Models and Theories. Available from: <https://www.viima.com/blog/innovation-management-models>

Nascimento, E. M. da G. C. do, C. W. P. Carvalho, C. Y. Takeiti, D. D. G. C. Freitas, and J. L. R. Ascheri. 2012. Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Res. Int.* 45:434–443. doi:10.1016/j.foodres.2011.11.009.

Nascimento, T. A., V. Calado, and C. W. P. Carvalho. 2017. Effect of Brewer's spent grain and temperature on physical properties of expanded extrudates from rice. *LWT - Food Sci. Technol.* 79:145–151. doi:10.1016/j.lwt.2017.01.035.

Navarro-Cortez, O., E. Aguilar-Palazuelos, J. Zazueta-Morales, J. Castro-Rosas, J. Hernández-Ávila, C. Gomez-Aldapa, and F. Aguirre-Tostado. 2014. Microstructure of an Extruded Third-Generation Snack Made from a Whole Blue Corn and Corn Starch Mixture. *Int. J. Food Process. Technol.* 1:10–17. doi:10.15379/2408-9826.2014.01.01.2.

Niveles Socio Económicos | NSE. Available from: <http://nse.amai.org/niveles-socio-economicos/>

OECD, and S. O. of the E. Communities. 2007. Oslo Manual - Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. OECD Publishing.

Offiah, V., V. Kontogiorgos, and K. O. Falade. 2018. Extrusion Processing of Raw Food Materials and by-products: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 0:1–60. doi:10.1080/10408398.2018.1480007.

Ortega Murrieta, P. F., G. A. Fierros Leyva, I. Padilla Valenzuela, V. Valenzuela Herrera, J. A. Acosta-Gallegos, E. Gutiérrez Perez, S. Velarde Félix, and F. G. Rodríguez Cota. 2016. Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7. Available from: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=263144153018>

Panak Balentić, J., J. Babić, A. Jozinović, Đ. Ačkar, B. Miličević, B. Muhamedbegović, and D. Šubarić. 2018. Production of third-generation snacks. *Croat. J. Food Sci. Technol.* 10:98–105. doi:10.17508/CJFST.2018.10.1.04.

Parada, J., and J. M. Aguilera. 2007. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *J. Food Sci.* 72:R21-32. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00274.x.

Penfield, M. P., and A. M. Campbell. 1990. *Experimental food science*. 3rd ed. San Diego : Academic Press. Available from: <https://trove.nla.gov.au/version/21202680>

Philipp, C., R. Buckow, P. Silcock, and I. Oey. 2017. Instrumental and sensory properties of pea protein-fortified extruded rice snacks. *Food Res. Int.* 102:658–665. doi:10.1016/j.foodres.2017.09.048.

Pisano, G. P. 2015. You Need an Innovation Strategy. *Harv. Bus. Rev.* Available from: <https://hbr.org/2015/06/you-need-an-innovation-strategy>

Revelo-Mera, A. G. 2010. Desarrollo y Evaluación de las Tecnologías para la Elaboración de un Snack tipo Laminado a partir de Quinoa. Available from: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2351>

Ries, E. 2011. *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown Publishing Group.

Rodríguez-Vidal, A., H. Martínez-Flores, E. González Jasso, G. Velazquez, A. Ramirez, and E. morales sanchez. 2016. Extruded snacks from whole wheat supplemented with textured soy flour: Effect on instrumental and sensory textural characteristics. *J. Texture Stud.* 48. doi:10.1111/jtxs.12234.

Ruiz-Armenta, X. A., J. de J. Zazueta-Morales, E. Aguilar-Palazuelos, C. I. Delgado-Nieblas, A. López-Díaz, I. L. Camacho-Hernández, R. Gutiérrez-Dorado, and F. Martínez-Bustos. 2018. Effect of extrusion on the carotenoid content, physical and

sensory properties of snacks added with bagasse of naranjita fruit: optimization process. *CyTA - J. Food.* 16:172–180. doi:10.1080/19476337.2017.1368717.

Shah Faiz-Ul-Hassan, Sharif Mian Kamran, Butt Masood Sadiq, and Shahid Muhammad. 2016. Development of protein, dietary fiber, and micronutrient enriched extruded corn snacks. *J. Texture Stud.* 48:221–230. doi:10.1111/jtxs.12231.

Sharma, M., D. N. Yadav, D. Mridula, and R. K. Gupta. 2016. Protein Enriched Multigrain Expanded Snack: Optimization of Extrusion Variables. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 86:911–920. doi:10.1007/s40011-015-0546-5.

Shaviklo, A. R., M. Azaribeh, Y. Moradi, and P. Zangeneh. 2015. Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks. *LWT - Food Sci. Technol.* 63:307–314. doi:10.1016/j.lwt.2015.03.093.

Shirani, G., and R. Ganesharane. 2009. Extruded products with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecium*) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycaemic index. *J. Food Eng.* 90:44–52. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.06.004.

Spinello, A., M. Leonel, M. Mischán, and E. Lopes do Carmo. 2014. Cassava and turmeric flour blends as new raw materials to extruded snacks. *Ciênc. E Agrotecnologia.* 38:68–75. doi:10.1590/S1413-70542014000100008.

St-Onge, M.-P., I. Aban, A. Bosarge, B. Gower, K. D. Hecker, and D. B. Allison. 2007. Snack chips fried in corn oil alleviate cardiovascular disease risk factors when substituted for low-fat or high-fat snacks. *Am. J. Clin. Nutr.* 85:1503–1510. doi:10.1093/ajcn/85.6.1503.

Tańska, M., I. Konopka, and M. Ruszkowska. 2017. Sensory, Physico-Chemical and Water Sorption Properties of Corn Extrudates Enriched with Spirulina. *Plant Foods Hum. Nutr. Dordr. Neth.* 72:250–257. doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

Tovar-Jiménez, X., J. Caro-Corrales, C. A. Gómez-Aldapa, J. Zazueta-Morales, V. Limón-Valenzuela, J. Castro-Rosas, J. Hernández-Ávila, and E. Aguilar-Palazuelos. 2015. Third generation snacks manufactured from orange by-products: physicochemical and nutritional characterization. *J. Food Sci. Technol.* 52:6607–6614. doi:10.1007/s13197-015-1726-2.

Veflen, N. 2014. Design Thinking and Food Innovation. *Trends Food Sci. Technol.* 41. doi:10.1016/j.tifs.2014.10.001.

Vega, J. 2016. Producción de garbanzo en Sinaloa. *EL DEBATE*. Available from: <https://www.debate.com.mx/sinaloa/Produccion-de-garbanzo-en-Sinaloa-sera-de-60-mil-t-20161203-0166.html>

Verganti, R. 2003. Design as brokering of languages: Innovation strategies in Italian firms. *Des. Manag. J. Former Ser.* 14:34–42. doi:10.1111/j.1948-7169.2003.tb00050.x.

Verganti, R. 2008. Design, Meanings, and Radical Innovation: A Metamodel and a Research Agenda*. *J. Prod. Innov. Manag.* 25:436–456. doi:10.1111/j.1540-5885.2008.00313.x.

Yovchev, A., A. Stone, S. Hood-Niefer, and M. Nickerson. 2017. Influence of the extrusion parameters on the physical properties of chickpea and barley extrudates. *Food Sci. Biotechnol.* 26:393–399. doi:10.1007/s10068-017-0054-x.

Zurlo, F., R. Cagliano, G. Simonelli, and R. Verganti. 2002. Innovare con il Design: il caso del settore dell'illuminazione in Italia. *Il Sole 24 Ore*. Available from: <https://re.public.polimi.it/handle/11311/556908#.XEoHnFxFxKjIU>

APÉNDICE 1

Formatos de encuestas

Análisis conjunto

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
Facultad de Ingeniería | División de Investigación y Posgrado

Instrucciones: A continuación se le muestra una serie de preguntas, por favor conteste o marque con una "x" sólo una opción, de acuerdo a su nivel de preferencia. Gracias por su participación

Edad:	Nivel de estudios:
<input type="checkbox"/> 18-23	<input type="checkbox"/> Preparatoria
<input type="checkbox"/> 24-29	<input type="checkbox"/> Licenciatura
<input type="checkbox"/> 30-35	<input type="checkbox"/> Posgrado
<input type="checkbox"/> 35 o más	Otro (especifique): _____

Ocupación: _____

1. Usted consume botanas

<input type="checkbox"/> Sí	Si su respuesta fue no, escriba la razón y finalice el cuestionario. Si su respuesta fue sí, por favor continúe con el cuestionario. Gracias por su participación
<input type="checkbox"/> No	

2. Para usted qué es una botana y qué características debe de tener

3. Con qué frecuencia consume botanas

<input type="checkbox"/> 1-2 veces por semana	<input type="checkbox"/> Diario
<input type="checkbox"/> 1-2 veces por quincena	<input type="checkbox"/> Nunca
<input type="checkbox"/> 1-2 veces por mes	

Otro (especifique): _____

4. Qué tipo de botanas prefiere

<input type="checkbox"/> Maíz	<input type="checkbox"/> Papa
<input type="checkbox"/> Trigo	<input type="checkbox"/> Soya

Otro (especifique): _____

5. De las siguientes opciones, qué sabor de botana prefiere

<input type="checkbox"/> Queso cheddar
<input type="checkbox"/> Chile con limón y sal
<input type="checkbox"/> Limón y sal

Otro (especifique): _____

6. De las siguientes alternativas, qué forma prefiere para una botana

<input type="checkbox"/> Cuadros	<input type="checkbox"/> Cilindros
<input type="checkbox"/> Círculos	<input type="checkbox"/> Triángulos

7. Cuando usted compra una botanas, en qué basa su elección (Seleccionar una opción)

<input type="checkbox"/> Marca	<input type="checkbox"/> Precio
<input type="checkbox"/> Sabor	<input type="checkbox"/> Aporte nutrimental

Otro (especifique): _____

8. De las siguientes opciones, qué presentación prefiere comprar

<input type="checkbox"/> Empaque individual	<input type="checkbox"/> Caja con paquetes individuales
<input type="checkbox"/> Empaque familiar	<input type="checkbox"/> Caja con paquetes familiares

9. Qué momento prefiere usted para consumir botanas

<input type="checkbox"/> En el trabajo, escuela (entre comidas)
<input type="checkbox"/> Viendo TV, películas, etc.
<input type="checkbox"/> En establecimientos (cine, bar, etc.)
<input type="checkbox"/> En reuniones (familiares, con amigos, etc.)

10. Qué mejorías del producto que más consumes:

¡Muchas gracias por su colaboración! :)

Formato 1 Encuesta de análisis conjunto

Comparación de pares

Edad: _____	Género: _____	Folio: _____
-------------	---------------	--------------

INSTRUCCIONES:

A continuación se le presentan dos muestras, por favor pruebe primero la que se encuentra a su izquierda y continúe el orden hacia la derecha. Después de probar la primera muestra, se le sugiere que mastique un trozo de pan blanco y/o dé un sorbo de agua para limpiar paladar.

Por favor conteste las siguientes preguntas. Marque con una **X** su respuesta

PREGUNTAS:

1. En general, ¿cuál tiene mejor apariencia?	0567 _____	2403 _____
2. ¿Cuál tiene mejor color?	0567 _____	2403 _____
3. ¿Cuál tiene un olor más agradable?	0567 _____	2403 _____
4. ¿Cuál es más crujiente?	0567 _____	2403 _____
5. ¿Cuál tiene mejor sabor?	0567 _____	2403 _____
6. En general, ¿cuál le gusta más?	0567 _____	2403 _____

COMENTARIOS:

¡Muchas gracias por su participación!

Formato 2 Encuesta de comparación de pares

Edad: _____ Género: _____ Folio: _____

INSTRUCCIONES:

A continuación, se le presentan dos muestras, por favor pruebe primero la que se encuentra a su izquierda y continúe el orden hacia la derecha. Después de probar la primera muestra, se le sugiere que beba un poco de agua para limpiar su paladar.

CRUJIENTE: Sensación auditiva que acompaña la masticación. El primer sonido se escucha al morder con los incisivos y posteriormente al masticar con las muelas.

Por favor conteste la siguiente pregunta. Marque con una **X** su respuesta.

PREGUNTAS:

1. ¿Cuál es más crujiente? 3284 _____ 8643 _____

COMENTARIOS:

¡Muchas gracias por su participación!

Edad: _____ Género: _____ Folio: _____

INSTRUCCIONES:

A continuación, se le presentan dos muestras, por favor pruebe primero la que se encuentra a su izquierda y continúe el orden hacia la derecha. Después de probar la primera muestra, se le sugiere que beba un poco de agua para limpiar su paladar.

Por favor conteste la siguiente pregunta. Marque con una **X** su respuesta.

PREGUNTAS:

1. En general, ¿cuál le agrada más? 3284 _____ 8643 _____

COMENTARIOS:

¡Muchas gracias por su participación!

Formato 4 Prueba de preferencia pareada aleatorizada

Modelo *Lean Canvas*

Lean Canvas		Propuesta de valor	Canal	Segmento
Problema Las bebidas deportivas a menudo no satisfacen las necesidades nutricionales.	Solución - Sistema elaborada a partir de cereales y jugos naturales - Baja en grasas y azúcares	Propuesta única de valor Consume lo que te gusta sin sentir culpa, bebémos que te ayuda a sentir saludable y conseguir fama del día.	Ventaja competitiva - Sistema saludable asociado, con proteína y de bajo costo	Segmentos de clientes Adultos (mayores a 35 años) - Profesionales - Poco tiempo para comer - Se preocupan por su salud - Tienen de beber agua Adultos jóvenes (18-33 años) - Estudiantes/profesionales - Se preocupan por su salud - Tienen de comer sano
Alternativas existentes - Bebidas deportivas - Aperitivos elaborados en casa - Bares de proteína, etc.	Métricas clave - Número de ventas - Número de clientes		Canales - Redes sociales - Estudiantes universitarios	Primeros usuarios - Mujeres profesionales o estudiantes - Personas conscientes de la importancia nutricional - Personas con dietas controladas - Personas que realizan algún tipo de actividad física.
Estructura de costos - Costos fijos, Costos variables - Rentabilidad en ventas actuales		Flujo de ingresos Ventas del producto		

Formato 5 Diseño de modelo *Lean Canvas*