



## UTILIZACIÓN DE HARINA DE PIMIENTO MORRÓN (*CAPSICUM ANNUUM*) EN LA ELABORACIÓN DE PAN ARTESANAL

### USE OF BELL PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM*) FLOUR IN THE ELABORATION OF ARTISAN WHITE BREAD

M. Bernal Maldonado<sup>1\*</sup>, A.O. Martínez Santillan<sup>1</sup>, M.Y. Cervantes González<sup>1</sup>, T. Hernández Velázquez<sup>1</sup>, M. Bernal Benitez<sup>2\*\*</sup>, G. Fierros Romero<sup>1</sup>, A. L. San Martin Azócar<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Ingeniería en Biotecnología. Aguascalientes, México.

<sup>2</sup> Hospital Miguel Hidalgo. Dirección del área de neonatología. Aguascalientes, México.

\*manolo\_bernal94@hotmail.com

\*\*manberbenitez@yahoo.com.mx

(recibido/received: 19-06-2018; aceptado/accepted: 20-10-2018)

#### RESUMEN

El uso de alimentos de desecho para enriquecer las propiedades de un producto como lo es el pan, mediante sus propiedades nutricionales es un área que ha ganado interés en los últimos años. El pimiento morrón (*Capsicum annuum*) es una rica fuente de fibra y carotenoides. La necesidad del consumo en los humanos de dichos fitonutrientes ha incrementado debido a sus propiedades preventivas. Diferentes métodos como deshidratación y molienda para la obtención de la harina de pimiento y para una realización de panes con diversos porcentajes de sustitución de harina de trigo común por harina de pimiento son mostrados. Sus características únicas mostraron aquel con un 10 % de sustitución como la mejor opción por su aceptación y versatilidad en futuros mercados. Se obtuvo un P valor de 0.318 con relación al contenido proteico mientras que para fibra se obtuvo un P valor de 0.000.

**Palabras claves:** Pimiento morrón; *Capsicum annuum*; Harina; Fitonutrientes.

#### ABSTRACT

The use of food wastes to enhance existing products such as breads by their nutritional properties, is a field that has become more popular within the years. Bell peppers (*Capsicum annuum*) are a rich source of fibre and carotenoids, also the increasing need of these nutrients are vital to reduce and prevent future diseases. Along this article, certain methods are employed in order to obtain the bell pepper flour and a 10 %, 15 % and 20 % substitution of wheat flour for bell pepper flour is made. The products were analysed to obtain their unique characteristics, resulting in the 10 % substitution being the best option for either acceptance and versatility in future markets. It showed a P value of 0.318 in relation to the protein content and a P value of 0.000 in relation to the fibre content.

**Keywords:** Bell pepper; *Capsicum annuum*; Flour; Phytonutrients

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los resultados presentados durante el Congreso Internacional ¡Save Food!, en Interpack, Düsseldorf, Alemania en el año 2011, “alrededor de un tercio de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a un aproximado de 1,300 millones de toneladas al año” (Gustavsson *et al.*, 2011). Dichos datos son alarmantes, teniendo en cuenta que alrededor de mil millones de personas sufren de hambruna en todo el planeta.

Un desperdicio tan significativo de alimentos lleva consigo una pérdida igualmente importante de recursos empleados para su cultivo (Gustavsson *et al.*, 2011). Es importante resaltar que tal pérdida es a lo largo de toda la cadena de producción, es decir, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en los hogares.

Existen dos conceptos definidos por la FAO que se deben de reconocer. 1) La pérdida de alimentos, la cual ocurre cuando estos no llegan a su fase de producto final o a la venta, ya sea por daño físico o por descomposición y 2) El desperdicio de alimentos, el cual sucede cuando el alimento, aun siendo apto para el consumo humano, no llena las expectativas del comprador y/o consumidor. Un ejemplo de esto último es cuando los establecimientos desechan productos alimenticios que no cumplen con sus expectativas físicas (Gustavsson *et al.*, 2011).

Los problemas antes mencionados se han observado en el campo agropecuario experimental del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Querétaro, CAE-Tec, donde el pimiento morrón cultivado en invernadero tipo gótico, se desecha debido a las limitaciones de la vida de anaquel. En relación a lo anterior, se analizó la posibilidad de elaborar un producto fermentado empleando los recursos no aprovechados por el CAE-Tec, así como someter la materia prima a tratamientos de preparación, deshidratación y pulverización. Dichos procesos permitieron generar una harina para posteriormente realizar la formulación de diversos productos finales en diferentes concentraciones de sustitución de la harina de trigo convencional, por harina de pimiento morrón. Finalmente, se realizó una evaluación sensorial y de aceptación por parte de los estudiantes del ITESM, Campus Querétaro.

El producto elaborado es un alimento nutraceutico con un alto contenido de fibra comparado con un pan blanco de caja convencional. Dado lo anterior, es una opción mas sana en la dieta del mexicano promedio y una buena alternativa para combatir la desnutrición en personas de bajos recursos por su bajo costo de producción al ser elaborado con materia prima de reutilización.

El pimiento morrón pertenece a la especie *Capsicum annuum* y a la familia de las solanáceas, en las que se incluyen los tomates, las berenjenas, el ají, entre otros (Chávez-Mendoza *et al.*, 2013). Pueden encontrarse en una gran variedad de colores tales como verde, amarillo, naranja, rojo y en algunas ocasiones, púrpura-negro. Los de color verde y púrpura poseen un sabor ligeramente amargo mientras que los rojos, amarillos y naranjas son más dulces (casi afrutados), y todos son aptos para consumo independientemente de la etapa de maduración en la que se encuentren.

Los fitonutrientes presentes en el pimiento morrón se dividen en tres grupos; flavonoides, carotenoides y ácidos hidroxicinámicos. Los carotenoides son pigmentos liposolubles sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Dichos compuestos brindan coloración característica como el rojo, naranja y amarillo en diversas plantas, se dividen en dos tipos: carotenos (beta-carotenos y licopenos) y xantofilas (luteína y zeaxantina). Estos pigmentos son importantes para la salud ya que actúan como antioxidantes y pueden reducir las posibilidades de enfermedades cardiovasculares, oculares, entre otras (Chávez-Mendoza *et al.*, 2013). Los carotenoides pueden actuar como antioxidantes, agentes anticancerígenos, antiinflamatorios y antialérgicos (Nadeem *et al.*, 2011). Los pimientos rojos se caracterizan por su alto

contenido de carotenoides (30.37 mg/ 100 g); posicionándose por sobre las zanahorias (8.0 – 10 mg/ 100 g) y los tomates (4 – 8 mg/ 100 g) (Arimboor *et al.*, 2015).

El pimiento morrón contiene cantidades muy concentradas de beta-caroteno y zeaxantina (Chávez-Mendoza *et al.*, 2013). Conforme a datos de la USDA en 2016, el pimiento rojo tiene un mayor contenido de vitamina C y fibra en comparación al pimiento verde. El pimiento rojo posee un promedio de 127.7 mg de vitamina C y 2.1 g de fibra dietética mientras que en el pimiento verde solamente se encuentran 80.4 mg de vitamina C y 1.7 g de fibra dietética. La vitamina C o ácido L-ascórbico es hidrosoluble y termosensible. Es empleado como cofactor enzimático en diversas reacciones fisiológicas, como la hidroxilación. Es necesario para la síntesis de colágeno y glóbulos rojos y contribuye al correcto funcionamiento del sistema inmunológico. Se le denomina fibra al conjunto de polímeros de carbohidratos cuyos azúcares como sus principales componentes poseen una estructura más compleja. Son resistentes a la digestión y pasan por el tracto gastrointestinal de manera intacta por lo que se le conoce como fibra insoluble, aunque también está la fibra soluble. Esta última está constituida en su mayoría por pentosas, beta glucanos y gomas naturales. La fibra insoluble está constituida principalmente de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Esta tiene un efecto positivo cuando es combinada con alimentos a lo largo del intestino pudiendo ayudar a prevenir ciertos tipos de cáncer. La cantidad de fibra encontrada en cada tipo de pan varía, siendo los panes integrales acreedores de entre 1 a 4 % de esta, mientras que en los panes bajos en calorías se puede encontrar hasta un 20 % en su composición final (Lallemand, 2017). Por otra parte, la fibra vegetal previene el estreñimiento al no ser asimilada por el metabolismo humano, esta permanece en el intestino estimulando los movimientos peristálticos y aumentando el volumen de las heces. Se divide en 2 tipos de fibra; soluble e insoluble (Nadeem *et al.*, 2011). El pimiento morrón contiene fibra soluble que al entrar en contacto con el agua se disuelve para formar una sustancia gelatinosa en el estómago que se deshace por medio de bacterias en el intestino grueso y aporta calorías. En referencia a datos de la FDA el consumo de fibra soluble tiene importantes beneficios entre los cuales se destacan la absorción de grasas y colesterol reduciendo los niveles de LDL (Low Density Lipoprotein) en sangre. Un segundo beneficio es la ralentización de la digestión y absorción de nutrientes en la sangre ayudando a controlar los niveles de glucosa y previniendo los picos de la misma en sangre después de ingerir alimentos ricos en carbohidratos (Lallemand, 2017).

De acuerdo con la FDA, un consumo alto en fibra es lo óptimo, aunque en adultos la ingesta mínima recomendada es de 25 g y la máxima de 35 g. En cambio, para los niños se recomienda una ingesta mínima de 14 g y una máxima de 31 g. De la misma manera al añadirse fibra extra se necesitarán de ajustes en diversos compuestos tales como en el gluten, azúcar, temperatura y tiempo de cocción. Este último se reducirá de manera que incremente la cantidad de levadura en la masa. Generalmente se utilizan tiempos prolongados de cocción a temperaturas bajas para panes con alto contenido de fibra (Lallemand, 2017).

La harina panadera tradicional es considerada el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Para la elaboración de un pan blanco común se utiliza solamente el endospermo, en cambio, para un pan integral, se utilizan todos los componentes del grano. Las harinas panaderas tradicionales poseen, en promedio, un porcentaje de proteína de 9 % a 14 % (siendo un 85 % de este contenido del gluten), un 68 % a 72 % de almidón, 1 % a 2 % de materias grasas, CE1 % a 2 % de azúcares fermentables y vitaminas B, B3 y E entre otros más compuestos (Mesas & Alegre, 2002). Las harinas que se emplean en estos procesos deben de contener un alto porcentaje de proteína siendo el pan elaborado con harina 100 % integral, los multigranos y los de alta fibra cuyo contenido de harina blanca y diversos granos, cereales y fibras son los más destacados en este grupo. De la misma manera, el genotipo del trigo puede ser una variable a considerar muy importante ya que puede haber algunos que poseen mayor y calidad de proteínas en sus granos (Flores, 2014).

En 2015, México fue el país líder en el mundo como exportador de chiles de, entre las 50 variedades producidas, se encuentra el pimiento morrón. Su producción anual es de 104.4 mil toneladas con un valor de 1,491 millones de pesos para el pimiento verde. Los chiles y pimientos se ubican en quinto lugar dentro

de los 20 principales productos que comercializa México internacionalmente. Los estados donde destaca su producción son Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Durango y Coahuila, (Tomado de SAGARPA, 2018) por estos motivos es importante el aprovechamiento de los residuos de tan importante industria.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente diagrama de flujo (Figura 1) muestra un resumen del proceso el cual será explicado de manera detallada más adelante.



Figura 1: Diagrama de flujo del proceso general en la elaboración de harina de pimiento morrón y el proceso de panificación

### 2.1 Obtención de la materia prima

Los pimientos fueron donados de la producción del CAE-Tec. Dichos pimientos serían desechados ya que no cumplían con las normas de calidad necesaria para su venta.

### 2.2 Preparación de la materia prima

Se comenzó el muestreo de la materia cuidando aspectos como coloración, estado de madurez, estructura uniforme y ausencia de signos de descomposición. La coloración y el estado de madurez están directamente relacionados por lo que se prefirieron los colores rojo y naranja.

La materia seleccionada se lavó con agua de grifo y jabón de manos para remover toda impureza o tierra proveniente del cultivo. Se rebanó con la ayuda de un cuchillo en tiras de 1 cm de ancho e inmediatamente se colocaron en un recipiente de acero inoxidable previamente lavado para su deposición hasta su uso.

### 2.3 Deshidratación y pulverización de los sólidos

Se colocó la materia prima rebanada y recolectada anteriormente sobre charolas de acero inoxidable cubiertas de manta de cielo, de manera que quedara lo más cubierta el área de la charola sin llegar al punto de la sobresaturación. Se introdujeron las charolas a un secador de frutas y hortalizas marca Mapisa a una temperatura de 60°C durante 24 horas para obtener una humedad de entre 8 % y 9 %. Posteriormente, se procedió al proceso de pulverización el cual se llevó a cabo con la ayuda de una licuadora comercial marca Oster en la cual se generó un polvo fino. Como segundo proceso de molienda, se empleó un molino de café comercial marca Krups (GX4100) para reducir el tamaño de partícula de la primera molienda. Se almacenó en bolsas herméticas Ziploc y se colocó en refrigeración (4 a 2 °C) hasta su uso.

### 2.4 Formulación y preparación de la harina

La variable independiente dentro del estudio es el porcentaje de harina de pimiento que va a reemplazar a la harina de trigo. Basado algunos procesos similares (Ehrenfeld-Danon, 2013; Silva, 2016), se decidió probar

un porcentaje de sustitución del 12 % y 20 % y a su vez también se decidió probar porcentajes menores (5 %, 10 %, 15 %) para observar el comportamiento y tener más opciones de elección al momento de decidir la mejor combinación. En las tablas 1 a la 6 se observan los diferentes porcentajes y cantidades empleadas en las diferentes formulaciones realizadas.

Tabla 1. Formulación para pan blanco

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	396.8	(g)	100 %
Harina de pimienta	-	(g)	0 %
Agua	220	(g)	55.44 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %
Aceite	41.3	(g)	10.40 %
Azúcar	12.2	(g)	3.07 %
Gluten	3.2	(g)	0.8 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.32 %

Tabla 2. Formulación para sustitución del 5 % de harina de pimienta

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	376	(g)	94.94 %
Harina de pimienta	20	(g)	5.06 %
Agua	220	(g)	55.55 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %
Aceite	41.3	(g)	10.42 %
Azúcar	12.2	(g)	3.08 %
Gluten	4	(g)	1 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.31 %

Tabla 3. Formulación para sustitución del 10 % de harina de pimienta

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	356.8	(g)	89.91 %
Harina de pimienta	40	(g)	10.09 %
Agua	220	(g)	55.44 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %
Aceite	41.3	(g)	10.40 %
Azúcar	12.2	(g)	3.07 %
Gluten	3.2	(g)	0.8 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.32 %

Tabla 4. Formulación para sustitución del 12 % de harina de pimienta

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	348	(g)	87.87 %
Harina de pimienta	48	(g)	12.13 %
Agua	220	(g)	55.55 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %

Aceite	41.3	(g)	10.42 %
Azúcar	12.2	(g)	3.08 %
Gluten	4	(g)	1 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.31 %

Tabla 5. Formulación para sustitución del 15 % de harina de pimiento

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	336.8	(g)	84.88 %
Harina de pimiento	60	(g)	15.12 %
Agua	220	(g)	55.44 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %
Aceite	41.3	(g)	10.40 %
Azúcar	12.2	(g)	3.07 %
Gluten	3.2	(g)	0.8 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.32 %

Tabla 6. Formulación para sustitución del 20 % de harina de pimiento

Ingrediente	Cantidad	Unidad	% Panadero
Harina de trigo	316.8	(g)	79.84 %
Harina de pimiento	80	(g)	20.16 %
Agua	220	(g)	55.44 %
Levadura	6.4	(g)	1.61 %
Sal	5.3	(g)	1.33 %
Aceite	41.3	(g)	10.40 %
Azúcar	12.2	(g)	3.07 %
Gluten	3.2	(g)	0.8 %
Propionato de sodio	1.25	(g)	0.32 %

## 2.5 Preparación del pan

Se pesaron los ingredientes en una balanza electrónica marca Ohaus modelo Scout Pro de manera individual y en recipientes de plástico desechables para cada prueba realizada.

Se introdujeron primero los ingredientes líquidos al contenedor de una maquina panificadora marca Hamilton Beach modelo 29882, posteriormente el azúcar normal, la sal yodada y el propionato de sodio. Las harinas (pimiento y trigo marca Selecta), el gluten y la levadura (marca Tradi Pan) hasta el final con el propósito de no activar la levadura mucho tiempo antes del comienzo del proceso.

Una vez listos los ingredientes, se programó la máquina para un tamaño de pan de 0.680 kg (1.5 libras), con color de corteza claro y un ciclo de panificación básico. Dicho proceso se repitió con cada una de las pruebas a realizar. Cada ciclo tuvo una duración de 2 horas y 53 minutos.

## 2.6 Pruebas bromatológicas y reológicas

Cada una de las muestras se sometió a diversas pruebas para evaluar y obtener sus características únicas. Se midió su textura, color, % de fibra, % de proteína, ceniza y humedad.

### 2.6.1 Textura

Con la ayuda de un texturómetro marca Brookfield (1 a 10 kg de capacidad), se tomaron muestras en cubos de 2.5 x 2.5 x 2.5 cm de la miga únicamente, en triplicado. Las muestras medidas fueron la sustitución de 10 %, 15 %, 20 % y el pan blanco. Dichas muestras se colocaron sobre la base del texturómetro y se corrió el programa previamente generado con ayuda de expertos.

### 2.6.2 Color

Se utilizó un espectrofotómetro Konica Minolta modelo CM-5 y muestras que contuvieran tanto miga como corteza para una correcta lectura empleando el pan blanco como el control. El proceso constó en colocar una rebanada de cada muestra sobre el sensor de medición y en automático se arrojaron los valores de A, L y B.

### 2.6.3 Análisis de fibra cruda

Se determinó la cantidad de fibra cruda total en las muestras empleando la metodología propuesta por la AOAC 950.37. Primero se realizaron 2 soluciones; la primera fueron 2 litros de  $H_2SO_4$  (Reactivos Karal) a 0.255 N y la segunda fueron 2 litros de NaOH (Reactivos Karal) a 0.313 N. Posteriormente se pesaron las bolsas de fibra vacías y por separado se anotó el peso de cada una. Se introdujo 1 gramo de muestra dentro de cada bolsa sellándolas con calor en un sellador de bolsas marca American International Electric y se anotó el nuevo peso. Las bolsas se introdujeron en un digestor marca Ankom (A200) de tal manera que todas cupieran y se realizaron baños de ácidos y bases previamente preparados. Terminado los lavados, se retiraron las bolsas del digestor y se colocaron sobre sanitas de papel para absorber toda humedad excedente.

Como segundo paso, se introdujeron crisoles previamente marcados por separado a una estufa de aire forzado Thermolab (capacidad de 49 litros) por 20 horas a 100 °C mientras que los sobres se colocaron en una segunda estufa Thermolab (capacidad de 49 litros) por 19 horas a 60 °C. Los crisoles se dejaron enfriar y se registraron sus pesos. Se doblaron los sobres e introdujeron en el interior de los crisoles procurando que estos estuvieran totalmente dentro de los mismos para posteriormente ser introducidos en conjunto a una mufla marca Thermolyne (modelo 6000) por 2 horas a 550 °C. Se obtuvieron y registraron los nuevos pesos.

### 2.6.4 Análisis de proteína por Kjeldahl

Se realizó bajo el protocolo de la AOAC 950.36 por lo que se pesaron 0.5 g de muestra en duplicado para cada tubo de Kjeldahl y se introdujeron dentro de los mismos. A cada tubo se le añadieron 15 mL de  $H_2SO_4$  y 2 tabletas de Kjeldahl para posteriormente colocarlos en una unidad de digestión marca Buchi (modelo 426) por 2 horas. En la primera hora se reguló la perilla de temperatura en el nivel 4 mientras que en la segunda hora se ajustó al nivel 8. Posteriormente se cambiaron de lado los tubos en el digestor para su enfriamiento por 30 minutos. Se añadieron 100 mL de agua destilada y se agitó ligeramente. Se cubrieron con Clean-Pack y se dejaron reposar 20 horas.

Se realizó una destilación con la ayuda de un matraz de 500 mL con 15 mL de  $H_2SO_4$  a 0.2 N con 2 gotas de rojo de metilo. En dicho matraz se recibió el producto de la destilación. Al término de la misma, se realizaron las titulaciones con hidróxido de sodio como base a 0.2 N.

### 2.6.5 Humedad

Empleando una termobalanza marca Ohaus (modelo MB45), se pesó 1 g de muestra dentro de la misma en triplicado para cada muestra y se programó para una corrida de 10 minutos a 100 °C por muestra medida.

### 2.7 Análisis sensorial

Se realizó un formato de encuesta tipo escala hedónica verbal la cual se dio a los encuestados y así se pudo evaluar las 3 muestras. Esto se realizó dentro de la comunidad estudiantil del ITESM Campus Querétaro y en zonas aledañas a la misma institución. Se cambiaron los porcentajes de sustitución por claves numéricas para evitar que los encuestados supieran de que porcentaje se trataba y hacerlo bajo un estudio ciego. El formato empleado se muestra a continuación.

Muestra	Odie	No me gusto	Indiferente	Me gusto	Me encanto
628					
309					
480					

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Análisis sensorial

Se realizaron un total de 71 encuestas entre las muestras del 10 %, 15 % y 20 % de sustitución de harina y se registraron los resultados en una escala hedónica mostrados en la tabla 7 así como una gráfica mostrada en la figura 2.

Tabla 7. Resultados en escala hedónica en número de personas

Muestra	Odie	No me gusto	Indiferente	Me gusto	Me encanto
15 %	1	3	11	36	20
10 %	0	5	15	38	13
20 %	0	14	7	33	17

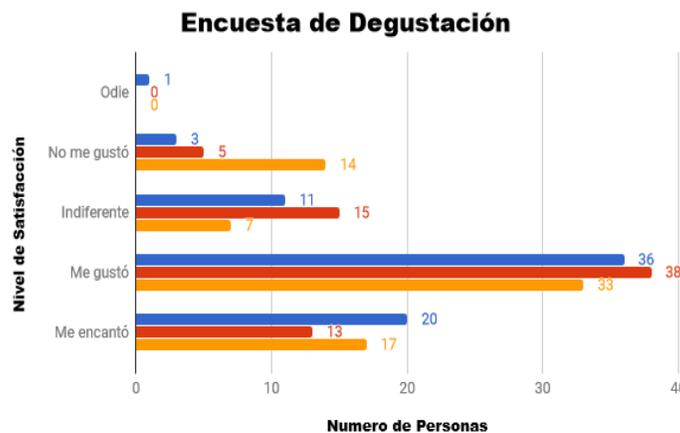


Figura 2. Gráfica de resultados en número de personas correspondientes a la encuesta

### 3.2 Textura

Se realizaron lecturas en triplicado en las muestras del pan blanco, 10 %, 15 % y 20 %. No se realizaron en las demás muestras por falta de las mismas y de tiempo para poder generar una segunda muestra de cada sustitución faltante.

Dicha prueba arroja valores de medición de la deformación según la dureza, adhesividad, resiliencia, extensibilidad, fracturabilidad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Estos valores podrán ser utilizados en un futuro para diferentes propósitos o fines de investigación.

En las figuras 3 a 6 se observan las respuestas a través del tiempo al estímulo de fuerza aplicada a cada muestra en triplicado donde los ejes X representan el tiempo de corrida mientras que el eje Y representa la fuerza aplicada por el texturómetro. El ruido observado en algunas de las gráficas en la parte superior, puede ser despreciado ya que no interfieren con las lecturas principales.

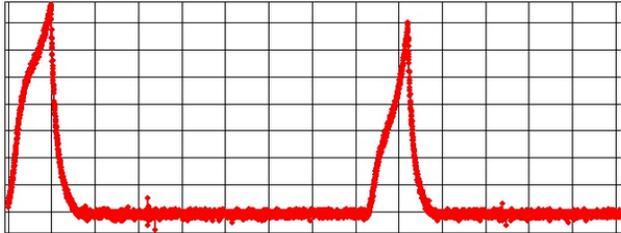


Figura 3. Resultados de muestra pan blanco 1<sup>era</sup> corrida

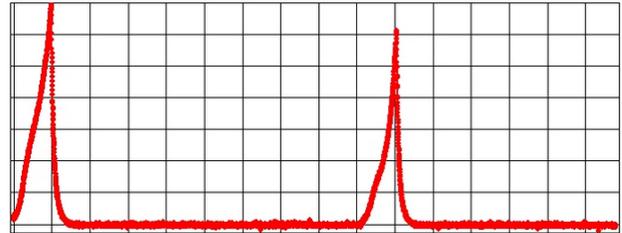


Figura 4.1. Resultados de muestra con 10 % de sustitución 2<sup>da</sup> corrida

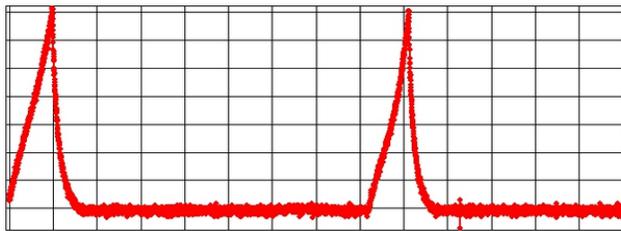


Figura 3.1. Resultados de muestra de pan blanco 2<sup>da</sup> corrida

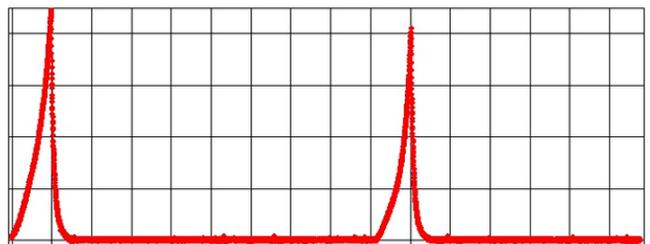


Figura 4.2. Resultados de muestra con 10 % de sustitución 3<sup>era</sup> corrida

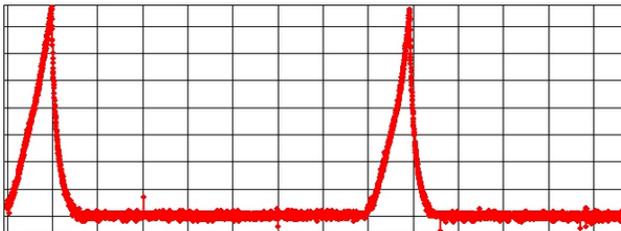


Figura 3.2. Resultados de muestra de pan blanco 3<sup>ra</sup> corrida

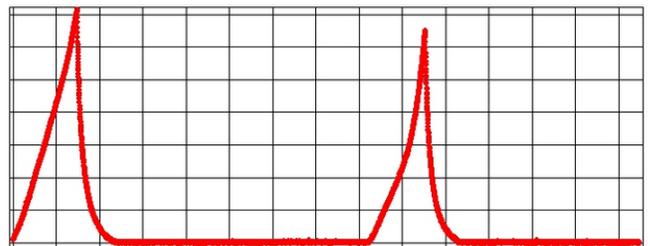


Figura 5. Resultados de muestra con 15 % de sustitución 1<sup>era</sup> corrida

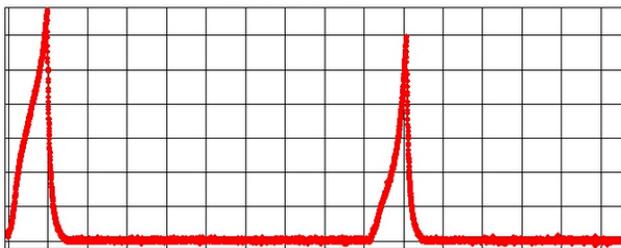


Figura 4. Resultados de muestra con 10 % de sustitución 1<sup>era</sup> corrida

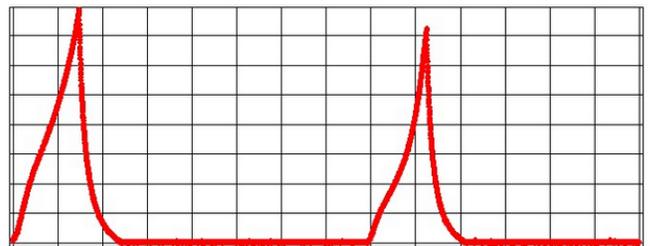


Figura 5.1. Resultados de muestra con 15 % de sustitución 2<sup>da</sup> corrida

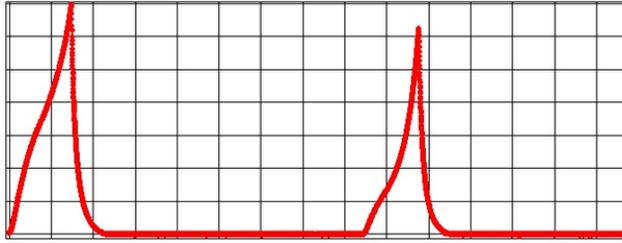


Figura 5.2. Resultados de muestra con 15 % de sustitución 3ª corrida

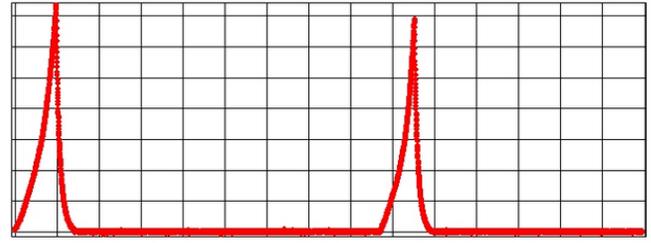


Figura 6.1. Resultados de muestra con 20 % de sustitución 2ª corrida

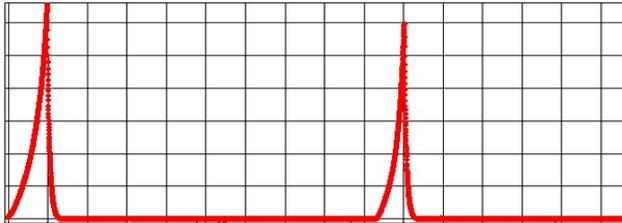


Figura 6. Resultados de muestra con 20 % de sustitución 1ª corrida

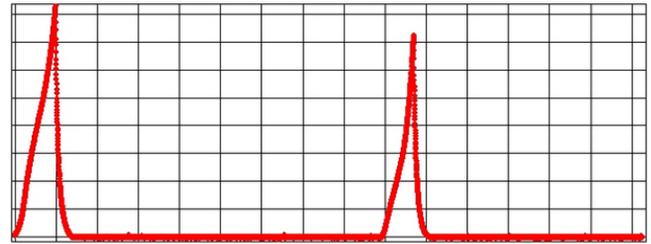


Figura 6.2. Resultados de muestra con 20 % de sustitución 3ª corrida

Como se observa en las figuras anteriores, los datos generados muestran una amplia similitud entre su mismo grupo y esto era de esperarse debido a que se trata del mismo lote original. En la tabla 8 se muestra un resumen de los resultados numéricos obtenido en esta prueba.

Tabla 8. Resultados reológicos para cada muestra; siendo el 0 % el pan blanco

Parámetros	Unidades	0 %	10 %	15 %	20 %
Deformación	%	49.83	49.97	49.93	50.00
Adhesividad	mJ	0.37	0.10	0.50	0.17
Resiliencia		0.26	0.18	0.23	0.19
Extensibilidad	mm	21.14	49.28	31.54	42.68
Fracturabilidad	N	0.09	0.15	6.36	9.56
Cohesividad		0.70	0.60	0.59	0.62
Elasticidad	mm	8.99	8.71	12.92	23.03
Gomosidad	N	1.05	2.27	20.60	5.81
Masticabilidad	mJ	9.53	19.63	72.30	124.03

Conforme aumenta el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de pimiento, el índice de masticabilidad y gomosidad aumentan en comparación con el pan blanco a excepción de la muestra con el 15 % de sustitución en donde se observa un valor mayor que en la muestra del 20 % de sustitución. Dicho valor se puede tratar como un valor atípico o haberse tratado de alguna muestra más antigua y por ende más correosa por lo que sería necesario repetir el muestreo. Dado que la harina de pimiento posee mayor cantidad de azúcares que la harina de trigo convencional, en el momento de la cocción de la masa estos azúcares tienden a caramelizar con mayor facilidad y hacer que la miga sea más rígida. El efecto también puede deberse al tiempo de exposición al aire y por ende un endurecimiento de la corteza natural del pan.

### 3.3 Color

El rango de colores registrado en el muestreo es de esperarse debido al oscurecimiento del mismo conforme se incrementa el porcentaje de sustitución. Estos valores son mostrados en la tabla 9 en donde: L: luminosidad, a: coordenadas rojo/verde y b: coordenadas amarillo/azul.

Tabla 9. Resultados en coordenadas de colores

Rangos/Muestra	Blanco	10 %	15 %	20 %
L	84.23	59.7	60.35	54.82
a	4.62	9.53	7.91	7.26
b	21.26	56.27	51.86	52.96

Entre mayor es la concentración de harina de pimiento, la tendencia de color se inclina hacia un verde-azulado. Dichos valores son de esperarse ya que es el mismo rango de colores presentados en la harina de pimiento por lo que un aumento de la misma en el producto final afectara de manera directa el color. En cambio, la luminosidad va disminuyendo con el aumento de la cantidad de harina de pimiento.

### 3.4 Análisis de fibra cruda

Mediante el método de la AOAC 950.37 se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 10 y mediante la fórmula para extracción del porcentaje de fibra (1) se obtuvieron los valores de fibra cruda en la muestra. Se aplicó dicho análisis en triplicado tanto a las muestras de pan como a la harina y se promediaron para poder compararla con el producto final y se valoró el beneficio del mismo en comparación con un pan blanco convencional.

Tabla 10. Resultados de fibra en las muestras

Muestra	Peso de bolsa (g)	Peso de muestra (g)	Peso de crisol (g)	Peso total (g)	% de fibra
Pan Blanco	0.5134	1.0085	26.9045	27.4174	0.2044
10 %	0.5273	1.0471	26.4295	26.9573	0.7172
15 %	0.5051	1.0438	28.2544	28.7698	1.3465
20 %	0.5218	1.0329	23.9226	24.4595	1.7704
Blanco	0.5137	0	28.5250	29.0361	0
Harina	0.5181	1.0298	27.7599	28.3564	7.7618

$$Fibra = \frac{(\text{Peso tras incineración} - \text{Peso perdido en crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (1)$$

#### 3.4.1 Análisis estadísticos de fibra

Se realizaron las comparaciones estadísticas para evaluar si existe alguna diferencia significativa en el porcentaje de fibra encontrado en las muestras. En la figura 7 se pueden observar los distintos intervalos por cada grupo de muestra analizada.

Mediante los resultados obtenidos por el ANOVA y por el valor de p obtenido, es concluyente que por lo menos una de las medias de nuestras muestras es diferente.

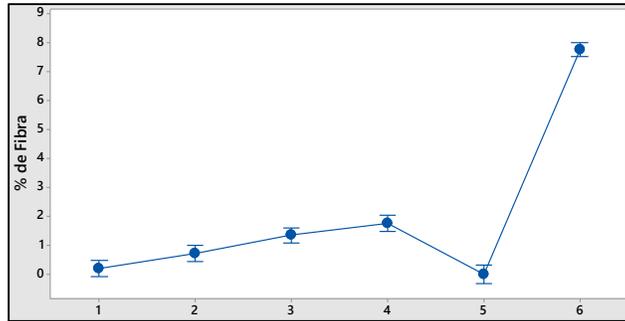


Figura 7. Grafica de intervalos de % de fibra vs muestra con un intervalo de confianza del 95%.

Análisis de 1 factor con comparación de Tukey realizado en el ITESM Campus Querétaro con la ayuda de Minitab Ver. 17 obteniendo un P valor de 0.000 con un N de 18.

Los grupos de muestra que no contienen la misma letra, significan que son estadísticamente diferentes y eso es lo que ocurre con la mayoría de los grupos. El grupo 6 es diferente a todos los demás con la letra A y es razonable debido a que se trata de la harina de pimiento solamente. El grupo 3 y 4 (15 % y 20 % de sustitución) comparten la letra B por lo que son estadísticamente similares entre ellos. Los grupos 1 y 2 (pan blanco y 10 % de sustitución) comparten la letra C por lo que son estadísticamente iguales. Por último, los grupos 1 y 5 comparten la letra D por lo que son estadísticamente iguales entre sí. El grupo 1 comparte las letras C y D con lo que se concluye que el pan de 10 % de sustitución y el pan blanco son iguales en contenido de fibra.

### 3.5 Análisis de proteína por Kjeldahl

Se siguió el procedimiento establecido por la AOAC 950.36 en triplicado para cada muestra y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 11 ya promediados. Empleando la fórmula para extracción de nitrógeno (2) se obtuvo el porcentaje de nitrógeno. Ya obtenido dicho porcentaje, se multiplico por el factor empírico de 6.25 y se obtuvo el porcentaje de proteína contenido.

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(Va-Vb)(N)(0.014)}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \quad (2)$$

Donde Va; volumen del titulante para la muestra, Vb; volumen del titulante para el blanco, N; normalidad del titulante, 0.014; miliequivalentes de nitrógeno.

Tabla 11. Resultados de proteína en muestras

Muestra	Peso (g)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mL)	NaOH (mL)	% Nitrógeno	% Proteína
Blanco	0.5044	15.2333	12.9666	1.2580	7.8629
10 %	0.5037	15.4666	12.8	1.4824	9.2650
15 %	0.5022	15.1333	13.1333	1.1155	6.9720
20 %	0.5040	15.1333	13.3666	0.9821	6.1384

Se puede observar que no se sigue una disminución lineal en el porcentaje proteico esperado al remover harina de trigo de la formula ya que la muestra con un porcentaje de sustitución del 10 % denoto un valor más alto que el del pan blanco.

### 3.5.1 Análisis estadísticos de proteína

Se realizó un estudio ANOVA de 1 factor con su respectiva comparación de Tukey para determinar si la cantidad de proteína en las muestras resulta ser igual o diferente para cada caso.

De acorde al valor obtenido de P, se rechaza la hipótesis secundaria y se acepta la hipótesis nula la cual establece que todas las medias en los valores de proteína obtenidos en las muestras, son estadísticamente iguales.

Dado el valor de P, se corrobora la aceptación de la hipótesis nula al mostrar que todos los grupos de muestra, comparten la letra A por lo que no existe una diferencia significativa entre ellos. En la figura 8 se aprecia de manera gráfica dicho análisis de Tukey.

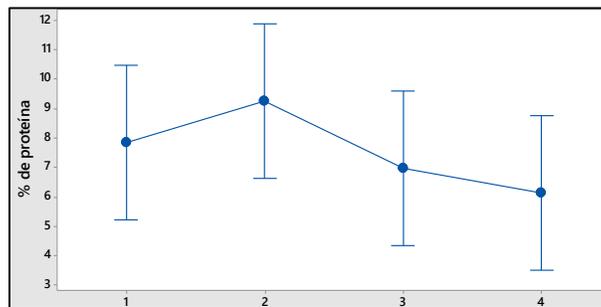


Figura 8. Gráfica de intervalos de % de fibra vs muestra con un intervalo de confianza del 95%.

Análisis de 1 factor con comparación de Tukey realizado en el ITESM Campus Querétaro con la ayuda de Minitab Ver. 17 obteniendo un P valor de 0.318 con un N de 12.

### 3.6 Humedad

Se anotaron las lecturas para cada muestra observando que no hubiera demasiada diferencia de valores entre sí y en caso de haberla, se repitió la lectura. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12 y en los cuales se observa que hay un aumento de la humedad en las muestras con sustitución. Dichos resultados son de esperarse ya que, a mayor cantidad de fibra, mayor retención de agua. A pesar de no seguir un incremento de humedad lineal en relación al aumento de harina de pimiento en cada muestra, si es notoria la diferencia en relación al pan blanco.

Tabla 12. Resultados en porcentajes de humedad encontrados en las muestras

Pan Blanco	10 %	15 %	20 %
21.66	30.35	27.56	25.88
22.14	30.95	28.70	23.85
22.95	31.87	27.53	24.40

## 5. DISCUSIÓN

Los índices de gomosidad y masticabilidad tienden a aumentar conforme el aumento de la sustitución de la harina de trigo por harina de pimiento dado que la harina de pimiento posee mayor cantidad de azúcares que la harina de trigo convencional y al momento de la cocción de la masa, estos azúcares tienden a caramelizar con mayor facilidad y hacer que la miga sea más rígida. El anterior efecto también puede deberse al tiempo de exposición al aire y por ende un endurecimiento de la corteza natural del pan o también por interacciones del gluten con el almidón mediante la formación de enlaces de hidrogeno entre los gránulos de almidón gelatinizado y la red del gluten en el pan tal como lo comprueban Fernández y Bárcenas (2011) en un estudio realizado a las causas del envejecimiento del pan. En todas las figuras (5 a 8), el segundo pico formado es menor al primero lo que significa que el comportamiento elástico y de deformidad de la muestra es el esperado. No toda la materia retorna por completo a su estado original después de sufrir una aplicación de fuerza sobre ella. Esto último es un aspecto del cual se responsabiliza en su mayor parte al gluten; entre mayor sea la cantidad de gluten, menor es su porcentaje de deformación y mayor su elasticidad

De acuerdo al contenido proteico encontrado por el método oficial de la AOAC 950.36, las muestras que obtuvieron un mayor contenido fueron con el 10 % y 15 % de sustitución siendo la primera la mejor con un aumento del 15 % en dicho contenido mientras que la segunda muestra mostro un decremento del 11.3%. Se esperaba una disminución lineal en estos valores tal como lo mostro la segunda muestra ya que el cambio en la formulación especialmente la disminución de un componente proteico tal como la harina de trigo, tendría a reducir el nivel de proteína presente en el producto. Se cree que el contenido proteico real en un pan con 10 % de sustitución no debe de ser muy variado a un pan blanco por lo que se sigue considerando una opción ideal como aporte de proteína a la dieta, aunque es necesario realizar de nuevo el procedimiento en las muestras para corroborar esto. Tal como lo indican Montero y Alvarado (2017), se podría emplear un porcentaje de leche en la formulación para el aumento de la cantidad de proteína en el producto final y así poder cumplir con los estándares que la NMX-F-159-1983 exige. Cabe resaltar que esto último tendría un impacto en el sabor (Fernández & Bárcenas-Pozos, 2011), que deberá ser evaluado mediante un segundo análisis sensorial para conocer su aceptación.

En contenido de fibra cruda por cada 100 gramos de producto, la muestra destacada fue con un 20 % de sustitución con 1.78 % de fibra cruda. La harina de pimiento mostro resultados buenos al contener 7.76% de fibra por cada 100 gramos. Resultados similares se han obtenido al sustituir harina de trigo convencional por harina de plátano obteniendo un pan con alto contenido en fibra (Montero-Encarnación & Alvarado-Salinas, 2017). Acorde a la NMX-F-159-S-1983 el % mínimo de fibra cruda que debe de cumplir un pan blanco de caja es de 0.2 y el máximo de 0.4 por lo que valores superiores a dichos parámetros serán un indicio de un aumento en la cantidad de fibra tal y como resultado con las muestras. Esto abre un abanico de oportunidades para seguir explorando su posible uso como enriquecedor en diferentes alimentos.

## 6. CONCLUSIÓN

Se consideró el pan con un 10 % de sustitución como el más optimo debido a su alto contenido en fibra, a su cantidad de proteínas, su textura y características únicas presentadas en comparación con un pan blanco común. Esto no quiere decir que las demás sustituciones no sean útiles ya que podrían emplearse en diferentes proyectos o presentaciones tales como masas de pizza, crotones, bolillos, tortillas, etc.

A su vez, el consumidor promedio en la actualidad tiende a comprar un alimento por su sabor y no exclusivamente por su contenido nutricional con lo que es una gran oportunidad con el presente trabajo, brindar un producto de sabor agradable, con alto valor nutricional y, además, al ser generado con recursos de desecho, se reduce el costo del mismo posibilitando a las personas de bajos recursos obtener una mejor nutrición en su día.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen a la Dra. Alejandra Lorena San Martín Azocar por su tutoría y apoyo a lo largo de todo el proyecto al igual que al Dr. Ángel Iván Hernández Aguirre por su colaboración, al Dr. Manuel Bernal Benítez en su apoyo a la redacción del mismo y al ITESM Campus Querétaro por el préstamo de sus instalaciones y equipo para que dicho proyecto fuera posible.

## APÉNDICE

### 8.1 % de deformación según dureza

La dureza es una propiedad medible en base a la fuerza máxima aplicada en cualquier tiempo y lugar durante el ciclo de compresión. Se puede expresar en Newtons o gramos de fuerza. Se realizan 2 ciclos simulando la apertura y cierre de una quijada en el proceso de masticación. El porcentaje de deformación de la muestra será proporcional a la dureza que la posee.

### 8.2 Adhesividad

En alimentos, es una propiedad que nos indica el esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie como lengua, paladar o dientes.

### 8.3 Resiliencia

Capacidad de un cuerpo para almacenar energía elásticamente

### 8.4 Extensibilidad

Capacidad que tiene un material de poder ser extendido sin que sufra ruptura alguna

### 8.5 Fracturabilidad

Fuerza requerida para que la muestra sea desmoronada, agrietada o rota.

### 8.6 Cohesividad

Grado en el cual la muestra se deforma antes de romperse

### 8.7 Elasticidad

Conducta de esfuerzo/deformación reversible

### 8.8 Gomosidad

Energía necesaria para desintegrar un alimento

### 8.9 Masticabilidad

Fuerza necesaria para poder desintegrar un alimento sólido hasta que esté listo para su deglución

## REFERENCIAS

Arimboor, R., Natarajan, R., Menon, K.R., Chandrasekhar, L.P. & Moorkoth, V. (2015) Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability-a review. *Journal of food science and technology*, **52**, 1258-1271.

Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E. & Guevara-Aguilar, A. (2013) Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting. *Molecules*, **18**, 15689.

Ehrenfeld-Danon, D. (2013) Desarrollo de pan tipo marraqueta y hallulla con incorporación de harina de bagazo de uva. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Fernández, M.L. & Bárcenas-Pozos, M.E. (2011) Envejecimiento del pan: causas y soluciones. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, **5**, 40-53.

Flores, V.R. (2014) El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, **32**, 231-246.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Otterdijk, R. & Meybeck, A. (Year) Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención Save Food. Roma: FAO, City. p. 2-11.

Lallemand (2017) Sabor del Pan. Lallemand Baking Update, pp. 2-6.

Mesas, J.M. & Alegre, M.T. (2002) El pan y su proceso de elaboración. The bread and its processing o pan e o seu proceso de elaboração. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, **3**, 307-313.

Montero-Encarnación, S.S. & Alvarado-Salinas, J.D. (2017) Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca. Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana, 2017., Honduras, pp. 49.

Nadeem, M., Anjum, M.F., Khan, R.M., Saeed, M. & Riaz, A. (2011) Antioxidant potential of bell pepper (*Capsicum annum* L.) – A review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, **21**, 45-51.

Silva, C.J. (2016) Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. Universidad de Guayaquil, Guayaquil: Ecuador.

[www.gob.mx/sagarpa/sanluispotosi/articulos/mexico-lider-mundial-en-exportacion-de-chile-140581?idiom=es](http://www.gob.mx/sagarpa/sanluispotosi/articulos/mexico-lider-mundial-en-exportacion-de-chile-140581?idiom=es)

## SEMBLANZA DE LOS AUTORES

**Manuel Bernal Maldonado:** nació en la ciudad de San Luis Potosí, SLP, México en 1994. Actualmente estudia Ingeniería en Biotecnología en el ITESM Campus Querétaro su 10mo semestre para concluir sus estudios en diciembre del 2018. En el año 2016 participo en el Congreso Internacional de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos bajo la modalidad de exposición de poster. Durante el verano del 2017 realizó prácticas profesionales en el área de innovación y desarrollo en la empresa San Jacinto en la ciudad de Aguascalientes, Ags, México. Dentro de la misma genero la idea de un producto nutritivo a base de suero de leche líquido.

**Andrés Omar Martínez Santillán:** nació en la ciudad de Torreón, Coahuila, México en 1995. Actualmente estudia Ingeniería en Biotecnología su 10mo semestre para concluir sus estudios en diciembre del 2018. En el año 2014 logro obtener la beca para comenzar sus estudios en el ITESM Campus Querétaro. Ha sido participe en diversos proyectos a nivel escolar en los cuales siempre destaca por obtener ideas buenas y méritos por su buen trabajo.

**Mireya Yareth Cervantes González:** nació en la ciudad de Celaya, Guanajuato, México en 1996. Actualmente estudia Ingeniería en Biotecnología su 8vo semestre para concluir sus estudios en mayo del 2019. En el año 2014 logro obtener una beca para comenzar sus estudios en el ITESM Campus Querétaro. Ha sido participe en diversos proyectos a nivel escolar en los cuales ha destacado por sus buenos resultados y su magnífica participación. En agosto del 2018 realizó un intercambio al extranjero.

**Tanya Hernández Velázquez:** nació en la ciudad de Querétaro, Querétaro, México en 1995. Actualmente estudia Ingeniería en Biotecnología su 9no semestre para concluir sus estudios en mayo del 2019. En el año 2014 logro obtener una beca para comenzar sus estudios en el ITESM Campus Querétaro. Ha sido participe en diversos proyectos a nivel escolar en los cuales se ha destacado por sus buenos resultados y su excelente participación. Es actual miembro del equipo de voleibol con excelentes resultados en sus debuts.

**Manuel Bernal Benítez:** nació en la ciudad de México, México en 1962. Realizó sus estudios en medicina en la Universidad de La Salle de la ciudad de México en 1980. Realizó su especialidad en Pediatría medica en 1982 en el Centro Médico La Raza. Posteriormente, en 1986 realizó subespecialidad en Neonatología. Actualmente se desempeña como Jefe de Terapia Intensiva Neonatal en el Centenario Hospital de Especialidades Miguel Hidalgo en la ciudad de Aguascalientes, Ags, México. Ha participado en diversas publicaciones en el ámbito médico.

**Grisel Fierros Romero:** Su investigación se desarrolla en el área de microbiología ambiental, estudiando la resistencia bacteriana a metales pesados e interacciones de bacterias depredadoras de origen marino con bacterias del género Vibrio y protistas. Obtuvo el grado de doctorado en Tecnología Avanzada en el Instituto Politécnico Nacional y el grado de maestría en Biología Experimental en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Es Química Farmacobióloga de formación y obtuvo el grado en la UMSNH. Realizó una estancia de investigación en la Universidad Friedrich Schiller en Jena, Alemania y ha participado en congresos nacionales e internacionales. Ha participado en diferentes líneas de investigación que incluyen, biotecnología vegetal, farmacología, microbiología ambiental, bioinformática, biología molecular y resistencia a metales pesados.

**Alejandra Lorena San Martín Azocar** nació en Chile en el año 1969. Realizó sus estudios como Ingeniero en Alimentos concluyéndolos en 1995 en la Universidad de La Frontera. Realizó su Maestría en Ciencia de los Alimentos. Posteriormente, realizó su Doctorado en Biomedicina y Biotecnología molecular. Actualmente se desempeña como Profesora Investigadora en el ITESM Campus Querétaro. Ha participado en diversas publicaciones científicas reconocidas y en algunos proyectos aprobados por el FONDECYT.