

**Desarrollo de un snack horneado a base de
maíz y adición de fitoesteroles de palma
(*Elaeis guineensis*), con mejoramiento del
extracto etéreo**

Ana Lucía Lepe Vásquez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de un snack horneado a base de
maíz y adición de fitoesteroles de palma
(*Elaeis guineensis*), con mejoramiento del
extracto etéreo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ana Lucía Lepe Vásquez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Desarrollo de un snack horneado a base de maíz y adición de fitoesteroles de palma (*Elaeis guineensis*), con mejoramiento del extracto etéreo

Ana Lucía Lepe Vásquez

RESUMEN. Las tendencias mundiales exigen alimentos que aporten beneficios a la salud del consumidor. La industria de los snack tiene una amplia presencia en los patrones de consumo. Ingredientes activos como los fitoesteroles aportan beneficios a la salud, disminuyendo el colesterol en sangre y reduciendo riesgos de enfermedades cardiovasculares. El estudio se realizó evaluando variaciones de contenidos grasos en formulación de un snack de maíz y adicionando fitoesteroles como mejoramiento del perfil de ácidos grasos y extracto etéreo. Las materias primas utilizadas consistieron en sémola de maíz pre-cocida, huevo, crema ácida y margarina. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) para el análisis de datos. Se evaluaron parámetros físicos de color y textura, cuantificación de grasa cruda, actividad de agua y estabilidad oxidativa. Se realizó un análisis sensorial de aceptación, evaluando atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general. La formulación de snack de maíz con sustitución de huevo entero y margarina obtuvo la mayor aceptación, determinando el porcentaje de grasa como factor influyente en los valores de color, dureza, fractura y estabilidad oxidativa del producto final. Se recomienda analizar el perfil de fitoesteroles y ácidos grasos para determinar la dosis real de fitoesteroles presentes por porción y la calidad de ácidos grasos en el snack de maíz.

Palabras clave: Colesterol, contenido de grasa, dureza, sémola de maíz y sustituciones.

Abstract. Worldwide trends seek for food products that offer benefits to consumer's health. Snack industry has a strong impact on eating patterns. Active ingredients such as phytosterols have a healthy influence on the body by decreasing plasma cholesterol and reducing heart diseases risk. This study evaluates different fat contents in a cornmeal snack formula adding phytosterols, in order to improve fatty acids compounds and ether extract. Production of cornmeal snack included pre-cooked cornmeal, whole and white raw egg, sour cream and margarine. A Completely Randomized Design (CRD) for studying the effects of various factors was used. Physical parameters as color and texture, chemical parameters as quantification of total fat content, water activity and oxidative stability, were evaluated. A sensory evaluation was performed to measure consumer's response to color, smell, flavor, texture and general acceptance of the final product. The greatest acceptancy was related to the treatment of cornmeal snack with substitution of whole raw egg and margarine showing a correlation between total fat content and values of color, hardness, breaking point and oxidative stability of the product. It is advised for further studies to evaluate the chemical composition and phytosterols profile and fatty acids profile to determine the real intake of plant sterols, and quality of fatty acids in a single portion of cornmeal snack.

Key words: Cholesterol, cornmeal, fat content, hardness, substitute.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4. CONCLUSIONES.....	22
5. RECOMENDACIONES.....	23
6. LITERATURA CITADA	24
7. ANEXOS	30

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Formulación base de snack de maíz.....	4
2.	Sustituciones completas de margarina y huevo entero por tratamiento de snack de maíz.	4
3.	Ingredientes para receta casera de snack de maíz con queso.	4
4.	Composición nutricional de las materias primas por porción de 100 g utilizadas en la formulación de snack de maíz.	5
5.	Modelo del Diseño Completamente al Azar (DCA).	8
6.	Perfil de fitoesteroles de aceite de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>).	11
7.	Análisis de color para las variables de L, a* y b* para los cuatro tratamientos de snack de maíz.	13
8.	Análisis de textura para los parámetros de dureza y fractura medido en Newtons (N) para los cuatro tratamientos de snack de maíz.	14
9.	Análisis de actividad de agua (Aw) al día cero para los cuatro tratamientos de snack de maíz.	15
10.	Análisis de porcentaje de extracto etéreo para cuatro tratamientos de snack de maíz.	17
11.	Composición de grasa total y ácidos grasos saturados (SFA), poliinsaturados (PUFA) y monoinsaturados (MUFA) de las materias primas de snack de maíz.	17
12.	Análisis de rancidez oxidativa por tiempo de inducción (h) para cuatro tratamientos de snack de maíz.....	18
13.	Análisis de coliformes fecales por el método de número más probable (NMP) para cuatro tratamientos de snack de maíz.....	19
14.	Análisis sensorial de los atributos color, olor, sabor, textura y aceptación general para cuatro tratamientos de snack de maíz.....	20
15.	Análisis de correlación de atributos sensoriales para snack de maíz.....	21

Figuras		Página
1.	Flujo de proceso para snack de maíz con adición de fitoesteroles.....	6

Anexos	Página
1. Principales categorías de nutraceuticos asociados maíces criollos.	30
2. Hoja de evaluación sensorial.....	31
3. Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes (Normativo).	32
4. Estructura molecular de fitoesteroles (a,b), fitoestanoles (c,d) y un éster de ácido graso.	33

1. INTRODUCCIÓN

En el sector alimentario se han establecido tres tendencias primordiales que caracterizan a la mayoría de consumidores alrededor del mundo, siendo salud, practicidad y experiencia. Estos buscan consumir alimentos saludables, con sabores agradables y que representen una experiencia placentera. Se define alimento saludable a aquellos bajos en sodio, grasa, calorías, azúcares, y que sean enriquecidos con fibra y nutrientes esenciales. La tendencia a alimentos saludables va acompañado de características de practicidad, fácil transporte, preparación rápida, fácil de abrir y de almacenar (Fernandez 2014).

El incremento en la oferta de alimentos está relacionado con el desarrollo económico de un país, propiciando una mejora gradual en el estado nutricional general de la población. Este desarrollo favorece la mejora de las capacidades tecnológicas de producción, procesamiento, distribución y comercialización de alimentos. No obstante, se generan cambios alimenticios que afectan la salud de la población. A estos cambios, cuantitativos y cualitativos, en la dieta se le conoce como transición nutricional (OMS 2003).

Los cambios en el estilo de vida conllevan el uso de dietas con elevada densidad energética, aumento en la ingesta de grasa, principalmente saturadas de origen animal, aumento en la ingesta de azúcares como carbohidratos simples, disminución en la ingesta de carbohidratos complejos como fibra, una reducción en el consumo de frutas y verduras. Los cambios en la alimentación se ven influenciados por diversos factores e interacciones complejas, como: factores geográficos, económicos, ambientales y sociales. Se incluyen ingresos, precios, creencias, tradiciones y preferencias sociales. La combinación de patrones alimenticios con patrones de comportamiento, resulta en una alimentación con exceso de energía, alta en calorías y desbalance de nutrientes (OMS 2003).

Los patrones de consumo y calidad de nutrientes ingeridos, están íntimamente relacionados con el desbalance energético y sus consecuencias en la salud. El incremento global en la ingesta de grasa total es evidente. Los lípidos en la dieta requieren de un balance para mantener un peso saludable y asegurar la obtención óptima de nutrientes. El conocimiento sobre el funcionamiento de los ácidos grasos es determinante en la salud y bienestar nutricional de las personas. La calidad de las grasas consumidas, tipos de ácidos grasos y niveles de consumo influyen en el metabolismo, la membrana celular, transcripción y expresión de genes (FAO 2010).

La calidad de las grasas puede medirse según su composición de ácidos grasos, los ácidos grasos están formados por cadenas largas de hidrocarburos con un grupo metilo y un grupo carboxilo en los extremos de la molécula. Éstas moléculas se caracterizan por realizar funciones metabólicas, ya sea en forma de ácidos grasos libres o como moléculas complejas (Rustan y Drevon 2005). Existen más de 20 tipos de ácidos grasos presentes en los alimentos, frutas como el aguacate, vegetales como puerro y brócoli, aceites, semillas, grasa animal y aceites de peces. Los ácidos grasos se clasifican en cuatro categorías: saturados, mono insaturados, poli insaturados y grasas trans (White 2009).

El perfil total diario del consumo total de grasa debe situarse entre 20 a 35% de energía para asegurar el consumo adecuado de ácidos grasos y energía, facilitando así, la absorción de vitaminas liposolubles. El alto consumo de grasa por ende incrementa la ingesta elevada de grasas saturadas, colesterol y densidad calórica de la dieta. Un adulto promedio (>18 años) se recomienda ingerir un máximo de 10% de grasas saturadas, 13% de grasas poli insaturadas y 13% para mono insaturadas como tratamiento preventivo de enfermedades cardiovasculares (FAO 2010).

La industria de los snacks se caracteriza por brindar al consumidor alimentos prácticos y de fácil acceso, ya sea para suplir un tiempo de comida o como un aperitivo. Ésta es una industria multimillonaria, teniendo un total de \$374 billones de ventas anuales registradas para marzo del 2014, con un incremento del 2% al año (Nielsen 2014). Un snack se describe como un alimento listo para consumo, crujiente, crocante y de sabores intensos. (Boon y Sedek 2012); sin embargo, a menudo se le atribuyen problemas relacionados a la salud de los consumidores (Nielsen 2014).

En Honduras, el consumo alimentario es a base de maíz y frijol, representando más del 81% del total de calorías consumidas, asociado a una baja diversidad alimentaria. Existe poca diversidad de alimentos en la dieta básica, ya que el 80% del consumo total de calorías proviene de 10 alimentos. La deficiente calidad de nutrientes por inseguridad alimentaria, falta de educación nutricional y patrones de consumo inadecuados, como el aumento en el consumo de snacks, confitería, bebidas gaseosas y comida rápida, implica grandes riesgos nutricionales, alimentarios y de desarrollo para la población hondureña, aumentando el consumo de carbohidratos, azúcares y grasas saturadas provenientes de productos comerciales (UTSAN 2010).

Para esta investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Establecer una formulación y flujo de proceso para elaboración de snack horneado de maíz con adición de fitoesteroles de palma (*Elaeis guineensis*).
- Evaluar las características fisicoquímicas del snack de maíz.
- Evaluar las características sensoriales y aceptación del snack de maíz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El snack a base de maíz se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos de Zamorano (PIA). Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y el análisis sensorial en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos. Todos localizados en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) ubicada en el Departamento de Francisco Morazán, 32 Km al Este de Tegucigalpa, Honduras.

Fases del experimento.

La investigación se dividió en tres fases. La primera fase, consistió en la elaboración de una formulación base para un snack de maíz. En la segunda fase se evaluaron las propiedades físico-químicas del producto. Finalmente, en la tercera fase se evaluó el grado de aceptación del producto por medio de un análisis sensorial.

Fase I: Elaboración de formulación base y sus variaciones.

Las variables utilizadas fueron porcentaje de crema ácida y porcentaje de clara de huevo, con el fin de evaluar su influencia en las características físicas y químicas del snack de maíz, según porcentaje de grasa final, estabilidad oxidativa, textura y color. Igualmente, evaluar el grado de aceptación del producto sobre los atributos de textura, olor, color, sabor y aceptación general.

Los tratamientos se formularon en base a una receta casera de snack de maíz y queso de Argentina. La cual es elaborada con sémola de maíz, queso crema, margarina y huevo. Se realizaron sustituciones totales de margarina y huevo entero por crema ácida y clara de huevo, respectivamente. Las materias primas elegidas para las sustituciones se realizaron en base al contenido de grasa y contenido de ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) (Cuadro 3).

Las pruebas preliminares se realizaron para establecer la formulación base (Cuadro 1) y así determinar los porcentajes de crema ácida y clara de huevo a utilizar en las sustituciones (Cuadro 2). Finalmente, se adecuaron las formulaciones para elaborar una porción de 50 g de snack de maíz (RTCA 2012) y adicionar un gramo de fitoesteroles de palma (*Elaeis guineensis*), a cada tratamiento (FDA 2013).

Cuadro 1. Formulación base de snack de maíz.

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Agua*	217	83
Sémola de maíz*	44	17
Sémola cocida	217	78
Queso crema	22	8
Margarina	10	4
Huevo entero	29	10
Total	278	100

* Los datos no entran en la formulación. Utilizados para elaborar la sémola de maíz cocida.

Cuadro 2. Sustituciones completas de margarina y huevo entero por tratamiento de snack de maíz.

Tratamiento	Crema		Clara de huevo	
	g	%	g	%
Control	0	0	0	0
SM	10	4	-	-
SH	-	-	29	10
SMH	10	4	29	10

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Se elaboró un flujo de proceso basado en el Cuadro 3 y las pruebas preliminares, estandarizando tiempos y temperaturas de cocción e incluyendo una nueva etapa para la adición de fitoesteroles en el proceso (Figura 1). La elaboración del snack utilizó sémola de maíz, margarina liviana (reducida en grasa -25%), queso crema tipo filadelfia light (1/3 menos de grasa), huevos de gallina y crema ácida como sustituto de margarina (Cuadro 4).

Cuadro 3. Ingredientes para receta casera de snack de maíz con queso.

Ingredientes	Cantidades
Sémola cocinada	15 cucharadas
Queso crema	20 gramos
Huevos	5 unidades
Agua caliente	1.5 taza
Margarina	7 cucharadas

Fuente: Swidzinski 2013

La preparación del snack de maíz requirió de pesado de los materiales secos y el agua, finalizando con los lácteos. La cocción de la sémola de maíz se realizó utilizando agua hirviendo a 96 °C y agregando la sémola lentamente a modo de evitar formación de grumos. El derretido de la margarina se realizó para facilitar la adición de fitoesteroles a la mezcla, al diluirlo en un medio lipídico. Se mezcló la sémola de maíz cocida con el queso crema, la margarina y los fitoesteroles, hasta formar una mezcla homogénea. Seguidamente, se realizó una segunda cocción a 98 °C por 4 minutos y removiendo constantemente. La mezcla final se dejó enfriar a temperatura ambiente de 25 °C durante 15 minutos. Los huevos se batieron por 7 minutos hasta formar una pasta esponjosa o punto de nieve, la cual se adicionó a la mezcla fría removiendo suavemente hasta incorporar todo el huevo.

Finalmente, se engrasó con 4 g de manteca vegetal una bandeja de aluminio de 68×45 cm. Para darle forma al snack, se utilizó una bolsa de plástico de 14×29 cm y una boquilla M853 para manga pastelera. Se formaron tiras de 6×1 cm y con una separación de 2 cm entre tiras. El horneado utilizó una temperatura de 100 °C durante 50 minutos, realizando un volteo de bandeja a los 25 minutos. Al finalizar el horneado, se dejó enfriar a temperatura ambiente de 25 °C durante 20 a 25 minutos. Se empacó en bolsas de 14×29 cm con una selladora térmica para bolsas.

Cuadro 4. Composición nutricional de las materias primas por porción de 100 g utilizadas en la formulación de snack de maíz.

Proximales	Unidad	Alimento				
		Sémola	Yema	Crema	Clara	Queso
Agua	g	ND	52.31	80.14	87.57	ND
Energía	kcal	367.00	322.00	135.00	52.00	250.00
Proteína	g	6.67	15.86	2.94	10.90	7.14
Total lípidos (grasa)	g	1.67	26.54	12.00	0.17	21.43
Carbohidratos	g	80.00	3.59	4.26	0.73	7.14
Fibra, dietética total	g	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00
Azúcares, total	g	0.00	0.56	0.16	0.71	3.57
Calcio, Ca	mg	0.00	129.00	104.00	7.00	143.00
Hierro, Fe	mg	1.20	2.73	0.07	0.08	0.00
Sodio, Na	mg	0.00	48.00	89.00	166.00	339.00
Magnesio, Mg	mg	--	5.00	10.00	11.00	--
Fósforo, P	mg	--	390.00	95.00	15.00	--
Potasio, K	mg	--	109.00	129.00	163.00	--
Zinc, Zn	mg	--	2.30	0.50	0.03	--
Vitamina C, ácido ascórbico total	mg	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00
Vitamina A, IU	IU	0.00	1442.00	900.00	0.00	714.00

ND: Dato no reportado.

Adaptado de: USDA 2016

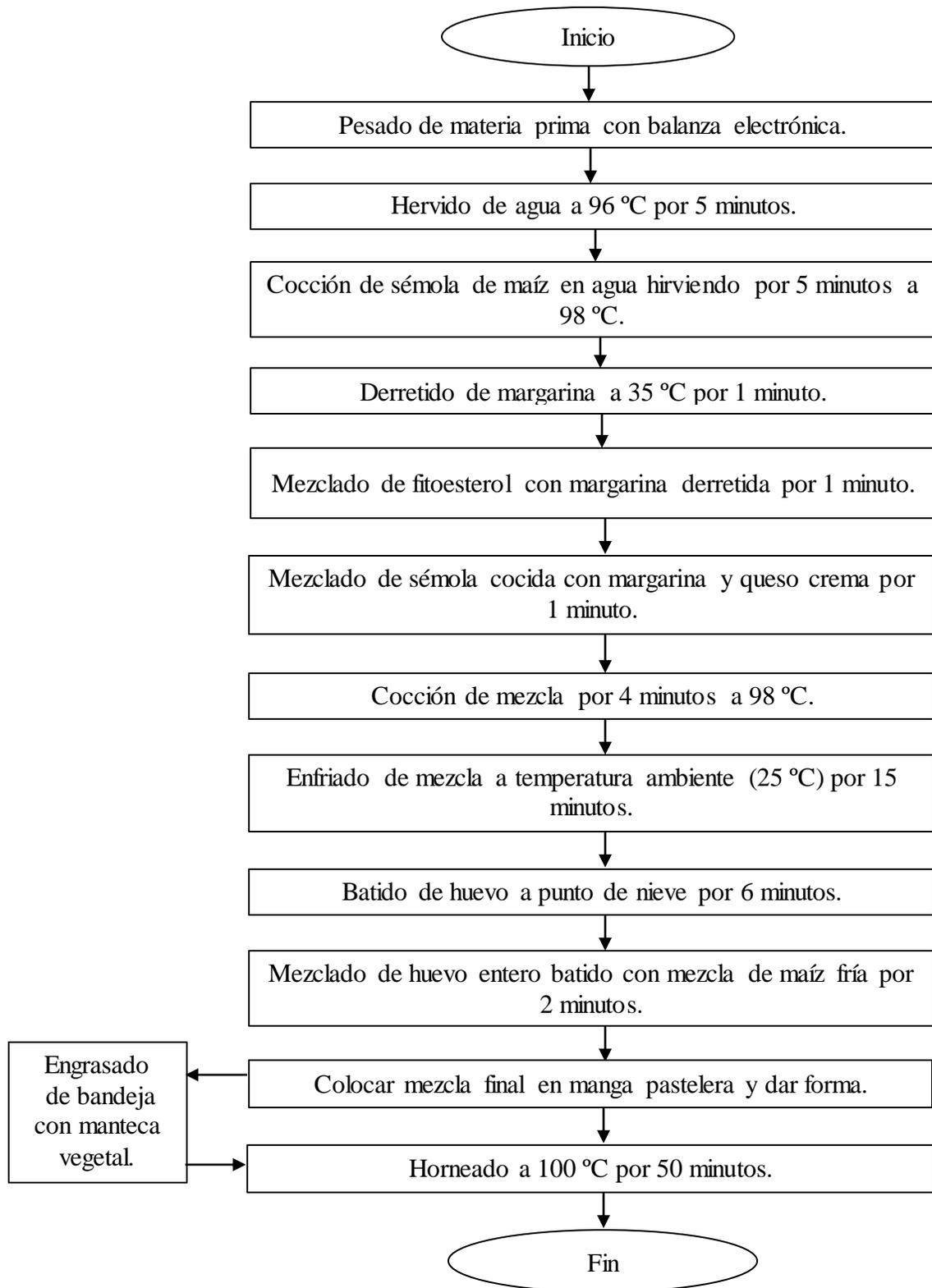


Figura 1. Flujo de proceso para snack de maíz con adición de fitoesteroles.

Fase II. Evaluación de propiedades físicas y químicas del producto.

Análisis de color. Se utilizaron muestras de 15 g usando el Colorflex de Hunterlab® por el método AN 1018.00. Al iniciar el análisis, se calibró el equipo utilizando los estándares negro y blanco. La lectura se realizó colocando la muestra en la placa para sólidos y cubriéndola con el cobertor negro para evitar variaciones de lectura (Whetzel 2015).

Se analizaron los valores L^* a^* b^* , describiendo los colores en tres ejes de coordenadas. El valor L^* mide claridad u oscuridad en una escala de 0 a 100, negro y blanco respectivamente. El valor a^* mide los colores rojo y verde, donde valores positivos se asignan a rojo, valores negativos a verde y el valor cero al neutro. Finalmente, el valor de b^* mide los colores azul y amarillo con valores positivos para amarillo, negativos para azul y cero para neutro (Rhyne 2016).

Análisis de textura. Se utilizaron muestras de 2 g de snack de maíz usando el Texturómetro Brookfield CT3 4500 para mediciones de dureza y fractura. La forma de muestra usada fue un cilindro con dimensiones de 65 mm de largo y 8 mm de ancho (diámetro), con una carga de activación de 0.044 N, velocidad de 5 mm/s, guillotina de corte TA-7 y mesa base estándar TA-BT-KIT (AMETEK 2016).

La fuerza o estrés de fractura para alimentos sólidos es medida en términos de «primera mordida» (Stokes *et al.* 2013). La dureza se describe como la fuerza máxima en un tiempo determinado, durante el primer ciclo de compresión. Se evalúa la fuerza ejercida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar. La fuerza de fractura es el punto mínimo de fuerza ejercida durante el primer ciclo de compresión, como resultado de un alto grado de dureza y baja cohesión. Se evalúa la dureza con la que un alimento se quiebra o cruje. Ambos, dureza y fractura, se expresan en unidades de fuerza Newton (N) o kg m s^{-2} (Hleap y Velasco 2010).

Análisis de extracto etéreo o grasa cruda. Se pulverizaron las muestras utilizando un mortero de porcelana y se realizó la extracción con el Soxtec TM 2050, por el método AOAC 2003.06. En la preparación de las muestras se secaron las tazas de extracción, con dimensiones de 52×93 mm, con cinco perlas de ebullición a 105°C por 1 hora y pesadas después de 30 minutos de enfriamiento. Utilizando dedales de celulosa, con dimensiones de 46×80 mm, se agregaron $5 \text{ g} \pm 0.0001$ de muestra y 2 g de dióxido de silicio por dedal. La muestra se secó a 105°C por una hora y se agregó algodón desgrasado a cada dedal. En el equipo se colocaron primero los dedales de celulosa y después las tazas. Se introdujeron 80 mL de éter de petróleo a 40°C por taza (AOAC 1990).

La extracción se realizó con el programa No. 1 del equipo. Ésta constó de 20 min de inmersión, 30 minutos de extracción, 10 minutos de secado y 5 minutos de enfriamiento, para un total de una hora y 5 minutos. La temperatura de extracción fue de 135 °C. Al final, se retiraron las tazas y se colocaron a secar en el horno a 105 °C por 30 min y enfriadas por 30 minutos. Las tazas se pesaron con una variación de ± 0.0001 g. El cálculo de la cantidad de grasa cruda se obtuvo con la ecuación 1 (AOAC 1990).

$$\text{Grasa cruda \%} = \frac{\text{Peso taza vacía} - \text{Peso taza con grasa}}{\text{Peso de muestra}} * 100 \quad [1]$$

Análisis de actividad de agua. Se utilizaron muestras de 4 g usando el Aqualab, Modelo: Series 3TE, por el método AOAC 978.18. El valor de la actividad de agua predetermina el índice en el que se desarrollan diversos procesos bioquímicos y biológicos, incluyendo la tasa de crecimiento microbiano (Blajovec 2007).

Las estructuras biológicas usualmente se encuentran agregadas, permitiendo la interacción de otras sustancias entre ellas (Blajovec 2007). Estudios han relacionado valores de actividad de agua (A_w) con la textura crujiente de snacks, obteniendo una relación lineal entre ambos parámetros (Carter 2015).

Análisis de estabilidad oxidativa. Se utilizaron muestras de 0.5 g usando el 873 Biodiesel Rancimat por el método AOCS Cd 12b-92. En la preparación de la muestra se pulverizó utilizando un mortero de porcelana. Se pesaron 0.5 g de muestra y 4.5 g de aceite de canola en un tubo de reacción. Se llenaron las tazas de conductividad con 50 mL de agua deionizada, con una conductividad $\leq 25 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y se conectaron a la sonda. Se utilizó una temperatura de 111.5 °C y flujo de aire de 9 L/h (AOAC 1990).

Diseño experimental. Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y un control, para un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, resultando en 12 unidades experimentales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Modelo del Diseño Completamente al Azar (DCA).

	Tratamientos			
	Control	SM	SH	SMH
Repeticiones	1	1	1	1
	2	2	2	2
	3	3	3	3

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se analizaron con el programa “Statistica Analysis System” (SAS Versión 9.1®) a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias DUNCAN con una probabilidad ≤ 0.05 .

Fase III. Mediciones sensoriales del producto.

Prueba sensorial. Se realizó una prueba afectiva o hedónica, para medir el grado de aceptación del producto final, utilizando una escala hedónica en la evaluación de atributos de color, olor, textura, sabor y aceptación global del producto (Hernández 2005).

Se realizaron dos sesiones, evaluando los cuatro tratamientos de snack de maíz. A cada uno se le otorgó dos codificaciones de tres dígitos aleatorios. Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos, 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”. A cada panelista se le otorgó una muestra de 2 g por tratamiento y un vaso con agua para limpiar el paladar. El análisis se aplicó a 64 panelistas no capacitados, siendo la mayoría estudiantes de la EAP, Zamorano.

Análisis microbiológicos. Determinación de coliformes fecales (RTCA 2009) mediante el método del Número Más Probable (NMP) con caldo Lauryl Triptosa y una prueba confirmatoria con caldo EC. Se prepararon las muestras pulverizándolas con un mortero de porcelana estéril. Se agregó 10 g de muestra y 90 mL de buffer fosfato en una bolsa estéril. Se homogenizó durante un minuto utilizando un stomacher, para la primera dilución 10^{-1} . La dilución 10^{-2} se preparó tomando 1 mL de la dilución 10^{-1} y agregándolo a 9 mL de buffer fosfato en un tubo de vidrio con rosca. La dilución 10^{-3} se preparó de la misma forma, tomando 1 mL de la dilución 10^{-2} . Los tubos fueron homogenizados en el Vortex Genie II durante 15 segundos. Con las tres diluciones, se inocularon tres series de tres tubos con 1 mL de la dilución 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} a tubos con 9 mL de caldo Lauryl Triptosa con campana de fermentación. Finalmente, se incubaron las tres series de tubos a 35 °C durante 48 h (Feng *et al.* 2002).

Análisis estadístico. Utilizando el programa “Statistica Analysis System” (SAS Versión 9.1®) se realizó una separación de medias Duncan con una probabilidad ≤ 0.05 y una prueba de correlación de atributos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Elaboración de formulación base.

Fitoesteres. Los fitoesteres son un grupo de compuestos presentes exclusivamente en plantas. De estructura similar a la del colesterol, con diferencias en la cadena lateral (Cantrill 2008). Los esteroides más abundantes son sitosterol, sitostanol, campesterol, campestanol, stigmasterol y brassicasterol. Estos compuestos deben de estar presentes en un 80% cuando los ésteres son elaborados a partir de esterificación de aceites comestibles (Solís 2016).

La mayor detección de fitoesteres en el aceite de palma fueron epicoprostanol, campesterol, stigmasterol y sitosterol. El área de detección se encontró entre 736.66 a 112.62 (Cuadro 6), resultando en un alto contenido de esteroides y estanoles vegetales.

Los fitoesteres y fitoestanoles pueden utilizarse como sustitutos de grasas y mejorar la composición de ácidos grasos en los alimentos gracias a que la porción éster de la molécula no provee energía al cuerpo. A cada tratamiento se le adicionó 1 g de fitoesteres de palma según lo establecido por el Food and Drug Administration (FDA) y el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). Los alimentos deben contener como mínimo 0.65 g de fitoesteres o un mínimo de 1.7 g de fitoestanoles. El consumo mínimo de 1.3 g de fitoesteres o 3.4 g de fitoestanoles diarios ayuda a la reducción de colesterol plasmático, minimizando riesgos de enfermedades cardiovasculares, en combinación con actividad física y alimentación saludable. Estos compuestos deben agregarse a alimentos bajos en grasas saturadas y colesterol (RTCA 2012).

Los fitoesteres y fitoestanoles se encuentran en el plasma acarreados por lipoproteínas, de manera similar al colesterol. El mecanismo de acción de los fitoesteres, sobre la disminución del colesterol en el cuerpo sucede al interferir en el proceso de absorción del colesterol a nivel intestinal, compitiendo con el colesterol por la unión a las micelas mixtas transportadoras de ácidos grasos. Como consecuencia, aumentan la expresión de genes codificadores de proteínas transportadoras NPC1L1, ABCG5 y ABCG8, promoviendo la expulsión del colesterol desde los enterocitos al lumen intestinal y disminuyendo la reesterificación del colesterol en los enterocitos y aumenta la excreta del colesterol vía el tracto intestinal (Badal y Delgoda 2017).

La degradación de fitoesteres puede ocurrir al someter el alimento a temperaturas altas. Estudios demostraron que al calentar aceite arriba de 170 °C o calentando leche en un microondas excediendo condiciones normales, puede representar la pérdida de hasta 60%

de fitoesteroles o fitoestanoles. Los tratamientos fueron sometidos a temperaturas entre los 95 a 100 °C por tiempos prolongados, por lo que se puede asumir una pérdida mínima de los fitoesteroles de palma. Al no superar el 60% de pérdida reportado en otros estudios, la adición de 1 g de fitoesteroles de palma cumple con el contenido mínimo por porción establecido por el RTCA (FDA 2013).

En condiciones normales a nivel intestinal, la absorción de fitoesteroles es baja, entre 2 a 5% de la concentración original. Estudios demostraron que al administrar dosis de 1.1 a 2.2 g/día por 5 semanas en sujetos sanos, el recuento del contenido de fitoesteroles en plasma aumentó entre 0.165 a 0.282% (FDA 2013).

El maíz contiene alrededor de 15 a 50% de fitoesteroles. Estos se extraen del aceite de fibra, la cantidad extraída depende del método de extracción y condiciones de pretratamiento de la fibra. La sémola de maíz contiene entre 53.48 a 40.17 mg 100 g⁻¹ dw de fitoesteroles (Locatelli y Berardo 2014).

El perfil de fitoesteroles presentó cantidades mínimas de colesterol, con un área bajo la curva de 15.317. Si bien, el aceite de palma no contiene colesterol, estudios han demostrado que algunos aceites, como el de palma, pueden contener trazas de colesterol cuyo efecto a la salud no es significativo (Ros *et al.* 2015).

Cuadro 6. Perfil de fitoesteroles de aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*).

Picos #	Compuestos	Tiempo de Retención (minutos)	Área
1	Epicoprostanol	27.24	736.661
2	Colesterol	32.23	15.317
3	Brassicasterol	35.88	1.860
4	Ergosterol	40.12	1.382
5	24-Methylene Cholesterol	41.02	1.724
6	Campesterol	41.90	112.616
7	Campestanol	N/D	N/D
8	Stigmasterol	45.15	130.728
9	Δ ²² -Stigmasterol	46.11	5.449
10	Δ ⁷ -Campesterol	47.66	6.996
11	Clerosterol+Δ ^{5,23}	49.74	9.613
12	β-Sitosterol	51.79	701.987
13	Sitostanol	52.73	3.798
14	Δ ⁵ -Avenasterol	53.76	18.929
15	Fucosterol	56.93	20.333
16	Δ ⁷ -Stigmastenol	58.82	26.749
17	Δ ⁷ -Avenasterol	60.99	6.007

N/D: No detectado.

Fuente: Solís 2016

Fase II. Evaluación de propiedades físicas y químicas del producto.

Análisis de color. Se encontraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 7) para las variables de L, a^* y b^* . Valores positivos para a^* se relacionan con variaciones del color rojo, valores positivos para b^* se relacionan con variaciones del color amarillo y valores de L arriba de 51 indican luminosidad (HunterLab 2012).

Los resultados de L demostraron que el tratamiento control obtuvo una mayor luminosidad, con una media de 61.53 ± 0.14 , y el tratamiento SM obtuvo la menor luminosidad, con una media de 56.91 ± 0.11 . La adición de crema ácida afectó la luminosidad del snack, debido al color blanco. El color blanco de la leche y productos lácteos se debe a los glóbulos de grasa, micelas de caseína y el fosfato de calcio coloidal. La disminución de tamaño de los glóbulos de grasa aumenta el efecto de dispersión de luz, aumentando la blancura (Rettig y Hen 2014). Un estudio realizado en 2014 determinó que al aumentar el contenido de un material poco reflejante de luz disminuyen los valores L de luminosidad en el alimento (Díaz *et al.* 2004).

Los resultados de a^* demostraron que el tratamiento control obtuvo un valor mayor, de 14.25 ± 0.16 , para el color rojo y los tratamientos SM y SHM obtuvieron los valores más bajos, de 12.59 ± 0.11 y 12.38 ± 0.10 , para el color rojo. La yema de huevo contiene carotenoides y riboflavinas en un 0.02% del total de sólidos, otorgándole color amarillo o naranja. Contiene un 0.03% de β -caroteno y criptozantina, 0.1% de luteína y 0.02% de zeaxantina. Éstos se obtienen del alimento consumido por las gallinas, por lo que puede variar su contenido (Ahn 2010).

Las margarinas obtienen su color al agregarles carotenoides y/o mezclas de pigmentos (Simpson 2015). La mezcla de carotenos genera pigmentos amarillos y naranjas. La cúrcuma es un colorante fotosensible que produce tonalidades claras de color amarillo. El anatto, constituido por el carotenoide bixina, provee colores amarillos y naranjas, y la combinación con cúrcuma genera una amplia gama de tonalidades amarillas y naranjas (OVERSEAL 2007).

Los resultados de b^* demostraron que el tratamiento control obtuvo un valor mayor, de 47.07 ± 0.15 , para el color amarillo y el tratamiento SM obtuvo el valor más bajo, de 42.13 ± 0.21 , para el color amarillo. El color quedó definido por el contenido de pigmentos en un alimento. El color amarillo en granos de maíz amarillo y blanco es impartido por carotenoides y en granos azules por antocianinas y flobafenos. Existen dos tipos de carotenoides, carotenos en forma de β -carotenos y xantofilas como luteína, criptoxantina y zeaxantina. El grano de maíz contiene entre 0.1 a 77 mg de carotenos totales/kg, encontrándose en un 95% en el endospermo (Serna *et al.* 2013).

La clara de huevo es una sustancia viscosa y alta en proteína. La aplicación de temperatura causa distorsión de los componentes, pardeamiento no enzimático y coagulación de proteínas. La desnaturalización de proteínas de la clara de huevo sucede entre 55 a 74 °C (Akkouche *et al.* 2012).

Cuadro 7. Análisis de color para las variables de L, a* y b* para los cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		L	a*	b*
	Crema (%)	Clara Huevo (%)	Media ±D.E.	Media ±D.E.	Media ±D.E.
	Control	0	0	61.53 ± 0.14a	14.25 ± 0.16a
SM	4	0	56.91 ± 0.11d	12.59 ± 0.11c	42.13 ± 0.21d
SH	0	10	59.06 ± 0.02c	12.82 ± 0.04b	45.25 ± 0.05b
SHM	4	10	59.58 ± 0.07b	12.38 ± 0.10c	42.59 ± 0.15c
Coeficiente de variación (%)			0.13	0.82	0.35

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna (P<0.05)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Análisis de textura. Los resultados de las mediciones de dureza presentaron diferencia significativa entre los tratamientos SH, SMH y el control (P<0.05) (Cuadro 8). El tratamiento SM no presentó diferencia entre el tratamiento SH. Los resultados de fractura presentaron diferencia significativa entre los tratamientos SMH, SH y el control (P<0.05). El tratamiento SM no presentó diferencia entre el tratamiento control o los tratamientos SMH y SH.

La percepción crujiente y de frescura en alimentos extruidos u horneados, se relaciona con la fragilidad o poco esfuerzo de fractura y la dureza de quiebre total del alimento (Vincent and Elices 2004). El análisis de medias obtuvo resultados entre 24.94 a 24.40 N para dureza y 3.95 a 9.78 N para fuerza de fractura. Resultados similares fueron reportados en un estudio sobre snacks extruidos de sémola de maíz, obteniendo valores de 27.2 ± 6.3 a 26.1 ± 6.1 N (Capriles *et al.* 2007). La dureza y fractura de este producto depende de la distribución de las celdas de aire, el contenido de grasa y la humedad (López *et al.* 2012).

La textura de los alimentos puede verse afectado por el contenido de grasa en el mismo. Estas forman estructuras cristalinas y alteran estructuras no grasas. Las grasas presentan polimorfismo, permitiéndoles existir en diferentes formas cristalinas, siendo α , β y β' las de mayor presencia y con diferentes puntos de fusión (Ríos *et al.* 2014). Los cristales se funden durante el horneado, formando una interfase que interactúa con las burbujas de aire, reduciendo su ruptura y generando una distribución uniforme y de menor tamaño de las burbujas de aire. Esto contribuye a una mejor calidad y firmeza del producto (López *et al.* 2012).

El tratamiento control presentó mayor contenido de grasa cruda (Cuadro 10) y por lo tanto, una mayor dureza (24.94 ± 0.18), lo cual se relaciona con una mayor uniformidad de las bolsas de aire en la matriz.

La fuerza de fractura aumenta con la formación de bolsas de aire grandes e irregulares. Esto sucede cuando el agua migra del centro del producto hacia la superficie durante el proceso de horneado. El tratamiento SM y SH, sustituyendo margarina y huevo entero, presentaron los valores mayores de fuerza de fractura (3.95 ± 0.06 y 3.88 ± 0.08), por lo que se puede suponer una mayor migración de agua, generando un mayor espesor de las capas del producto (López *et al.* 2012). Así mismo, los alimentos son más crujientes al aumentar el tamaño de las células y el grosor de las paredes. Un estudio realizado en patatas fritas confirmó que a menor tamaño de las burbujas de aire distribuidas en toda la matriz del producto eran menos crujientes. A mayor tamaño de las burbujas de aire, presentaron paredes más gruesas, resultando ser más crujientes (Vincent y Elices 2004).

El tratamiento SHM presentó un comportamiento contrario, al ser el tratamiento con menor contenido de grasa cruda (Cuadro 10), presentó una dureza alta de 24.69 ± 0.03 . La variación de los datos puede verse afectada por las bolsas de aire presentes en la matriz interna del producto. El aire en el interior del producto provoca distorsiones en la lectura de los datos debido a la fuerza opuesta que éste ejerce sobre el instrumento de medición (Torres *et al.* 2015).

Cuadro 8. Análisis de textura para los parámetros de dureza y fractura medido en Newtons (N) para los cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Dureza (N)	Fractura (N)
			Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
	Crema (%)	Clara Huevo (%)		
Control	0	0	$24.94 \pm 0.18a$	$3.81 \pm 0.02b$
SM	4	0	$24.48 \pm 0.09c$	$3.88 \pm 0.08ab$
SH	0	10	$24.40 \pm 0.12c$	$3.95 \pm 0.06a$
SHM	4	10	$24.69 \pm 0.03b$	$3.78 \pm 0.04b$
Coeficiente de variación (%)			0.35	1.61

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna ($P < 0.05$)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Análisis de actividad de agua. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 9). La actividad de agua para todos los tratamientos fue baja, entre 0.144 a 0.137, valores bajos similares a un chip de papa, 0.182 de actividad de agua (METER 2016).

Una baja actividad de agua puede resultar del proceso de horneado. Se utilizó una temperatura de horneado de 100 °C durante 50 minutos. Temperaturas medias de aire aumentan la presión de vapor de agua generada por el producto durante el secado, aumentando la temperatura interna del producto. La velocidad de remoción de agua por evaporación es directamente proporcional a la superficie expuesta y la diferencia entre la

presión de vapor de agua entre el producto y el ambiente. Las diferencias de contenido de humedad no tienen relación con la velocidad de secado. La forma cilíndrica estrellada del snack de maíz permitió un aumento de la superficie expuesta, suponiendo una mayor remoción de agua del producto, y resultando en una actividad de agua baja (Farley 2012).

La baja actividad de los cuatro tratamientos le confiere la característica de «sin riesgo potencial a la salud», al encontrarse por debajo del límite de 0.85 A_w para productos no ácidos, limitando el crecimiento de *Staphylococcus aureus*. Esto reduce la susceptibilidad al crecimiento bacteriano, mohos y hongos. A partir de 0.65 A_w se limita el crecimiento de mohos xerófilos y a partir de 0.61 el crecimiento de *Monascus bisporus* y cualquier otro microorganismo (FDA 2015).

Cuadro 9. Análisis de actividad de agua (A_w) al día cero para los cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Actividad de Agua Media \pm D.E.
	Crema (%)	Clara Huevo (%)	
Control	0	0	0.144 \pm 0.0040a
SM	4	0	0.137 \pm 0.0050a
SH	0	10	0.144 \pm 0.0036a
SHM	4	10	0.142 \pm 0.0030a
Coeficiente de variación (%)			2.98

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna ($P < 0.05$)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Análisis de extracto etéreo o grasa cruda. Existieron diferencia significativa entre todos los tratamientos ($P < 0.05$). El mayor porcentaje de grasa cruda de 28.99% para el tratamiento control y el menor porcentaje de 16.87% para el tratamiento SHM (Cuadro 10).

La declaración de propiedades nutricionales de un producto según su contenido de grasa, siguiendo las normas del Reglamento Técnico Centroamericano, debe existir una reducción del 25% o más para declararse como «Light o reducido en grasa». Los tratamientos SM y SHM obtuvieron reducciones de contenido de grasa cruda de 27.82 y 41.78% por porción en base al contenido de grasa cruda del tratamiento control (RTCA 2012).

El cálculo para la determinación del reclamo nutricional se utilizó las ecuaciones 2 y 3. Estas relacionan el porcentaje de grasa cruda de cada tratamiento con el porcentaje del tratamiento control.

$$A = \frac{\%grasa\ tratamiento}{\%grasa\ control} \quad [2]$$

$$B = (1 - A) * 100 \quad [3]$$

El descenso en la ingesta diaria de grasa en la dieta impacta directamente sobre el consumo energético y pérdida de peso. Estudios demuestran una relación entre la mejora en la sensibilidad a la insulina y disminución de peso en sujetos obesos o con sobrepeso. Existe una asociación entre el desarrollo de hipertensión e hiperlipidemia y el aumento de hipertensión arterial por aumento en el peso (FAO 2010).

Estudios demostraron reducciones de peso corporal al disminuir el consumo de grasa total en la dieta, presentando correlaciones significativas entre la reducción de grasa total y la cantidad de peso perdido, y entre el peso corporal inicial y el peso perdido. Estos resultados indican un efecto significativo entre la ingesta de dietas bajas en grasa y la pérdida de peso corporal en individuos con sobrepeso (Hill *et al.* 2000).

Existe evidencia que respalda el efecto de la ingesta de dietas bajas en grasa en la regulación del peso corporal en personas con sobrepeso u obesidad. Información recolectada sobre 2,000 individuos del National Weight Control Registry, registraron pérdidas de 30 libras durante un año bajo la ingesta de dietas bajas en grasa del 24% combinado con actividad física (Hill *et al.* 2000).

El riesgo de enfermedades cardiovasculares aumenta con la presencia de inflamación crónica asociada a la proporción de colesterol total y HDL-C. El aumento en el factor VII coagulante (FVIIc) se vincula a la hiperlipidemia. Estudios demuestran que tratamientos enfocados a la pérdida de peso por una dieta con niveles reducidos de grasa total y grasas saturadas reduce el FVIIc (FAO 2010).

Los tratamientos SM y SHM, presentaron reducciones mayores al 25% de grasa total, declarándolos nutricionalmente como «Light o reducido en grasa», se dirigirían al grupo etario de personas con sobrepeso u obesidad, ya que presentan una mayor susceptibilidad de ganancia de peso (Marriott 1995).

Cuadro 10. Análisis de porcentaje de extracto etéreo para cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Extracto etéreo (%)
	Crema (%)	Clara Huevo (%)	
Control	0	0	28.99 ± 0.74a
SM	4	0	20.92 ± 0.21c
SH	0	10	22.03 ± 0.17b
SHM	4	10	16.87 ± 0.20d
Coeficiente de variación (%)			1.23

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna (P<0.05)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Cuadro 11. Composición de grasa total y ácidos grasos saturados (SFA), poliinsaturados (PUFA) y monoinsaturados (MUFA) de las materias primas de snack de maíz.

Ingrediente★	Grasa total (g)	SFA (g)	PUFA (g)	MUFA (g)	Trans (g)	Colesterol (mg)
Sémola de maíz	1.67	0.00	ND	ND	0.00	0.00
Queso crema	16.13	11.29	ND	ND	ND	20.00
Crema	12.00	7.47	0.45	3.47	0.00	39.00
Margarina	57.14	28.57	7.14	21.43	0.00	0.00
Huevo entero	9.51	3.13	1.91	3.66	0.04	372.00
Yema	26.54	9.55	4.20	11.74	0.00	1085.00
Clara de huevo	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ND: No dato reportado.

★Valores para 100 g de alimento.

Adaptado de: USDA 2016

Análisis de rancidez oxidativa. Se encontraron diferencias significativas en el tiempo de inducción (P<0.05) entre todos los tratamientos (Cuadro 12). El tratamiento SM obtuvo el mayor tiempo de inducción, de 1.18 ± 0.02 horas, resultando en una oxidación más lenta. El tratamiento control obtuvo el menor tiempo de inducción, de 1.02 ± 0.01 horas, resultando en una oxidación más rápida.

La estabilidad oxidativa está influenciada por la cantidad de ácidos grasos insaturados. Los de mayor susceptibilidad son los ácidos grasos poliinsaturados. La oxidación ocurre con mayor facilidad sobre las insaturaciones de los ácidos grasos, extrayendo un hidrógeno y formando hidroperóxidos, resultando en una reacción en cadena afectando otros ácidos grasos (Griffiths 2016).

La reacción se realiza en tres fases, iniciación, propagación y terminación. La fase de iniciación forma radicales libres por termólisis, separando enlaces covalentes por adición de calor. Los ácidos grasos insaturados son compuestos que rompen sus enlaces químicos a temperaturas menores a 100 °C, convirtiéndose en iniciadores de la reacción de termólisis. Los radicales libres se unen a las moléculas de hidrógeno de la estructura de los lípidos formando hidroperóxidos. La fase de propagación consiste en la degradación de hidroperóxidos y de los compuestos primarios de la oxidación. Los hidroperóxidos interactúan con los dobles enlaces de los ácidos grasos, reduciendo el hidroperóxido a hidroxilo, formando cetonas. La separación de la molécula de hidroperóxido forma aldehídos, alcoholes e hidrocarburos, responsables del sabor y olor a rancidez. Finalmente, alcoholes y ácidos grasos insaturados forman polímeros, compuestos viscosos e insolubles en grasa (Saldaña y Martínez-Monteagudo 2013).

Los alimentos de origen vegetal, como aguacate, nueces y aceitunas, contienen mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, alimentos de origen animal poseen mayor cantidad de ácidos grasos saturados. Procesos como la hidrogenación de las grasas para elaborar margarinas, disminuyen el efecto de oxidación (Saldaña y Martínez-Monteagudo 2013).

Estudios realizados en 14 tipos de margarinas determinaron un aumento en ácidos grasos poliinsaturados y una disminución de ácidos grasos saturados y ácidos grasos parcialmente hidrogenados (Garsetti *et al.* 2016). Esto explica el menor tiempo de inducción obtenido por el tratamiento control, al poseer en su formulación 4% de margarina.

Cuadro 12. Análisis de rancidez oxidativa por tiempo de inducción (h) para cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Tiempo de inducción (h)
	Crema (%)	Clara Huevo (%)	
Control	0	0	1.02d ± 0.01
SM	4	0	1.18a ± 0.02
SH	0	10	1.06c ± 0.04
SHM	4	10	1.08b ± 0.03
Coeficiente de variación (%)			0.4

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna (P<0.05)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Fase III. Mediciones sensoriales del producto.

Análisis microbiológico. La lectura del muestreo microbiológico para los cuatro tratamientos de snack de maíz, presentó valores de coliformes fecales de <3 NMP/g, cumpliendo con el límite máximo permitido según el Reglamento Técnico Centroamericano para bocadillos o snacks (RTCA 2009). Se descartó la presencia de coliformes fecales, eliminados por el tratamiento térmico aplicado a la mezcla de 100 °C por 50 minutos y una limpieza y desinfección adecuada del área de trabajo.

Cuadro 13. Análisis de coliformes fecales por el método de número más probable (NMP) para cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Coliformes fecales (NMP/g)	
	Crema (%)	Clara Huevo (%)	Lectura	Máximo legal
Control	0	0	<3	<3
SM	4	0	<3	<3
SH	0	10	<3	<3
SHM	4	10	<3	<3

Análisis sensorial. Sí se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 14) para los cinco atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general. El tratamiento control presentó la menor aceptabilidad para los cinco atributos evaluados, encontrándose en la escala 5 de «ni me agrada, ni me desagrada» para color y olor y la escala 4 de «me desagrada poco» para sabor, textura y aceptación general.

Los tratamientos con mayor aceptación fueron SH y SHM, sustitución de huevo y sustitución de huevo y mantequilla, encontrándose en la escala seis «me agrada poco» para color y olor y la escala 7 «me agrada moderadamente» para sabor, textura y aceptación general.

Los tratamientos con menor aceptación en color fueron los que presentaron colores más claros o blancos y los de mayor aceptación fueron los tratamientos que presentaron colores intermedios (Cuadro 7). El color de snacks, chips y alimentos similares ofrecen información sobre la consistencia y adecuada cocción, horneado o freído del producto (HunterLab 2015).

Los tratamientos con menores contenidos grasos obtuvieron mayor aceptación a los tratamientos con mayor contenido graso. Estudios han demostrado que las grasas aportan una sensación residual en la boca o lubricación. En algunos alimentos, esta sensación es deseable, pero al aumentar el contenido graso se puede afectar la aceptabilidad del sabor residual (Stokes *et al.* 2013).

Las grasas interactúan con otros ingredientes, contribuyendo al sabor general de los productos. Estudios han demostrado la relación entre el sabor salado y el contenido de grasa de los productos (Fellendorf *et al.* 2017). Los niveles óptimos o preferidos sobre un sabor específico están relacionados a los hábitos alimenticios y la prevalencia de sabores específicos en el ambiente alimenticio. Las personas puede cambiar su preferencia hacia el sabor salado según el tiempo de consumo, aumentando o disminuyendo su uso (McCrickerd y Forde 2016).

Se observó una mayor aceptación al atributo de textura en los tratamientos con dureza intermedia, los tratamientos con mayor y menor dureza presentaron una menor aceptación (Cuadro 8). La sensación hedónica de textura en snacks con baja humedad se relaciona con la sensación crujiente al masticar. Cambios en la textura determinan la calidad del producto (Sloan 2013). En panelistas no entrenados, la percepción de la textura es subjetiva, relacionada con las expectativas previas del consumidor sobre las características del producto (Vincent y Elices 2004).

La textura se percibe por el sentido del tacto, en conjunto con el sentido del movimiento y posición o cinestética y los sentidos de la vista y el sonido (García 2012). El ruido seco y súbito que se percibe al romperse un alimento se relaciona con la textura crujiente de este. Estudios correlacionan la fuerza de fractura y la dureza detectada por un grupo organoléptico y el ruido seco del alimento. Variaciones en la dureza y la fuerza de fractura pueden generar en el panelista la sensación de estar consumiendo un alimento elástico, suave o crujiente (Vincent y Elices 2004).

Cuadro 14. Análisis sensorial de los atributos color, olor, sabor, textura y aceptación general para cuatro tratamientos de snack de maíz.

Tratamientos	Sustituciones		Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general
	Crema	Clara	Media	Media	Media	Media	Media
	(%)	Huevo (%)	±D.E.	±D.E.	±D.E.	±D.E.	±D.E.
Control	0	0	5.76 ± 1.50b	5.33 ± 1.47b	4.34 ± 1.61c	4.89 ± 1.61c	4.76 ± 1.46b
SM	4	0	6.00 ± 1.39b	5.45 ± 1.41b	5.06 ± 1.63b	5.50 ± 1.41b	5.34 ± 1.26b
SH	0	10	6.06 ±1.54ab	6.25 ± 1.21a	6.75 ± 1.17a	6.72 ± 1.46a	6.51 ± 1.31a
SHM	4	10	6.47 ± 1.27a	6.31 ± 1.26a	6.83 ± 1.43a	6.95 ± 1.43a	6.66 ± 1.41a
Coeficiente de variación (%)			19.76	20.67	20.94	20.66	17.79

a-d: Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias de columna (P<0.05)

SM: Sustitución de margarina por crema.

SH: Sustitución de huevo entero por clara de huevo.

SMH: Sustitución de margarina y huevo entero por crema y clara de huevo.

Los atributos de textura y sabor presentaron una mayor influencia al valor de aceptación general, obteniendo valores de coeficiente de correlación altos positivos de 81 y 72% respectivamente (Cuadro 15). Tanto la textura como la sensación en la boca impactan significativamente en la aceptabilidad de un producto. La textura de los alimentos representa propiedades sensitivas multidimensionales influenciadas por la estructura, reología y superficie del alimento (Stokes *et al.* 2013).

Estudios han determinado un incremento en la textura de alimentos como principal atractivo, sobrepasando características de olor y sabor. En 2012 se reportó un aumento en preferencia del 27 al 38% de alimentos crujientes (Sloan 2013). Estudios sugieren que los consumidores fijan una expectativa de textura según la naturaleza del alimento, obteniendo diferentes puntos máximos para cualquier atributo de textura. Si la expectativa se cumple, no existe la necesidad de preocuparse por la textura, pero si no se cumple, existe una razón para rechazar el alimento (Jeltema *et al.* 2015).

Las personas jóvenes, entre los 20 a 37 años, demuestran una tendencia hacia la importancia del sabor y sensación de placer por sobre alimentos saludables. Buscan alimentos que sean nuevos y diferentes, prefiriendo sabores intensos y variados. Un estudio realizado por Mintel, determinó un aumento en el consumo de snacks dulces y salados durante la mayor parte del día, principalmente en horas de la tarde y noche (Fromm 2017). Las características de snacks salados que más influyen en la preferencia de los consumidores son los sabores intensos, sabor salado y textura crujiente (Leskinen 2016).

Cuadro 15. Análisis de correlación de atributos sensoriales para snack de maíz.

Pearson Correlation Coefficients, N = 256 Prob > r under H0: Rho=0					
	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general
Color	1.00000	0.52321	0.39918	0.424844	0.46119
		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Olor	0.52321	1.00000	0.56377	0.45090	0.60816
	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001
Sabor	0.39918	0.53677	1.00000	0.65560	0.81408
	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001
Textura	0.42844	0.45090	0.65560	1.00000	0.71856
	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
Aceptación general	0.46119	0.60816	0.81408	0.71856	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	

Probabilidades <0.05 presentan diferencia estadística.

4. CONCLUSIONES

- Se estableció una formulación de 78% sémola de maíz, 8% queso crema, 4% margarina y 10% huevo entero para una porción de 50 gramos con adición de un gramo de fitoesteroles de palma (*Elaeis guineensis*) como mejoramiento del extracto etéreo y presencia de compuestos bioactivos.
- La cantidad de grasa tuvo influencia en las características fisicoquímicas en la intensidad del color, dureza y fuerza de fractura, y el tiempo de la reacción oxidativa de las grasas en el alimento.
- El snack de maíz elaborado con clara de huevo y crema ácida como sustitución de huevo entero y margarina, obtuvo mayor aceptación entre los panelista siendo las características de textura y sabor los factores que influyeron en la aceptación del producto.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de perfil de fitoesteroles al snack de menor contenido de grasa y cuantificar la dosis real de consumo por porción.
- Cuantificar los tipos de ácidos grasos de cada tratamiento realizando un análisis de perfil de ácidos grasos para determinar el snack con el mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y menor contenido de ácidos grasos saturados y obtener un mayor efecto por los fitoesteroles agregados.
- Efectuar una prueba de aceptación en niños de 9 a 14 años como principales consumidores de snacks.
- Realizar un análisis de costos para determinar la factibilidad económica y nicho de mercado.

6. LITERATURA CITADA

Ahn D. 2010. Egg components [internet]. Iowa: Iowa State University; [consultado 2017 oct 8]. <http://www.public.iastate.edu/~duahn/teaching/Neobiomaterials%20and%20Bioregulation/Egg%20Components.pdf>.

Akkouche Z, Aissat L, Madani K. 2012. Effect of heat on egg white protein [internet]. Turkey: International Conference on Applied Life Sciences (CALIS); [consultado 2017 oct 8]. http://cdn.intechopen.com/pdfs/39928/InTech-Effect_of_heat_on_egg_white_proteins.pdf.

AMETEK. 2016. CT3 Texture analyzer: compression and tension testing for rapid QC analysis [internet]. Massachusetts: Brookfield Engineering; [consultado 2017 oct 11]. Disponible en: http://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/product%20cut%20sheets/2016_ct3.pdf?la=en.

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Virginia (EEUU): Association of Official Analytical Chemist Inc. 771 p. ISBN: 0-935584-42-0. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.

Badal S, Delgoda R. 2017. Pharmacognosy: fundamentals, applications and strategy. Amsterdam (Holanda): Academic Press. xxii, 716 p. ISBN: 978-0-12-802104-0.

Blajovec J. 2007. Role of water content in food and product texture. International Agrophysics. [consultado 2017 oct 11]; 3(21):209–215. http://www.old.international-agrophysics.org/artykuly/international_agrophysics/IntAgr_2007_21_3_209.pdf.

Boon T, Sedek R. 2012. Association between snacking patterns, energy and nutrient intakes, and body mass index among school adolescents in Kuala Lumpur. American Journal of Food and Nutrition. 2(3):69–77. doi:10.5251/ajfn.2012.2.3.69.77.

Cantrill R. 2008. Phytosterols, phytostanols and their esters: chemical and technical assessment [internet]. Vancouver: FAO; [consultado 2017 oct 15]. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/cta/69/Phytosterols.pdf>.

Capriles VD, Soares RAM, Arêas JAG. 2007. Development and assessment of acceptability and nutritional properties of a light snack. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 27(3):562–566. doi:10.1590/S0101-20612007000300021.

Carter BP. 2015. Investigation into practical applications for the critical water activity from dynamic dewpoint isotherms [Tesis]. Washington State University, Depto Crop Soil Sci-EEUU. 135 p. https://research.libraries.wsu.edu/xmlui/bitstream/handle/2376/5448/Carter_wsu_0251E_11284.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Diáz B, Sosa M, Vélez J. 2004. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. [consultado 2017 oct 17]; 3(3):287–305. <http://www.redalyc.org/pdf/620/62030307.pdf>.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation: 10-14 November 2008, Geneva. vol. 91. Roma (Italia): FAO 4725 p. ISBN: 978-92-5-106733-8.

Farley R. 2012. The significance and measurement of water activity (ERH) [internet]. Vestfold: ROTRONIC; [consultado 2017 oct 11]. http://elema.no/produkter/vannaktivitet/content_1/text_15df3ddb-20cc-40ae-8cc4-9634bda71ab5/1347644418212/water_activity_theory.pdf.

Fellendorf S, O'Sullivan MG, Kerry JP. 2017. Effect of different salt and fat levels on the physicochemical properties and sensory quality of black pudding. *Food Science & Nutrition*. 5(2):273–284. eng. doi:10.1002/fsn3.390.

Feng P, Weagant S, Grant M, Burkhardt W. 2002. Bacteriological analytical manual: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. 8th ed. 28 vol. EEUU: FDA.

FDA (Food and Drug Administration). 2013. GRAS Exemption claim for phytosterol and phytosterol ester ingredients: Vitae Naturals [internet]. GRAS Notice No. 492. Toledo: FDA; [consultado 2017 oct 14]. <https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm386798.pdf>.

FDA (Food and Drug Administration). 2015. Inspection technical guides - water activity (aw) in foods [internet]. EEUU: Office of Regulatory Affairs; [actualizado 2015 ene 27; consultado 2017 oct 11]. <https://www.fda.gov/iceci/inspections/inspectionguides/inspectiontechnicalguides/ucm072916.htm>.

Fernandez L. 2014. La tendencia saludable será clave para el crecimiento del sector en los próximos años. *Food Ingrid Brasil*. [consultado 2016 nov 5]; 16(30):80–82. <http://www.revista-fi.com/edicoes/64/>.

Fromm J. 2017. What brands need to know about modern millennial snack culture [internet]. EEUU: Forbes; [consultado 2017 oct 27]. <https://www.forbes.com/sites/jefffromm/2017/02/08/what-brands-need-to-know-about-modern-millennial-snack-culture/>.

García G. 2012. Texturometría instrumental: puesta a punto y aplicación a la tecnología de alimentos [Tesis]. Universidad de Oviedo-España. 115 p. http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/3983/6/TFM_GemmaGCalabuig.pdf.

Garsetti M, Balentine DA, Zock PL, Blom WAM, Wanders AJ. 2016. Fat composition of vegetable oil spreads and margarines in the USA in 2013: a national marketplace analysis. *Int J Food Sci Nutr.* 67(4):372–382. eng. doi:10.3109/09637486.2016.1161012.

Griffiths R. 2016. Importance of oxidative stability in the shelf life of foods and ingredients [internet]. Berkshire: Reading Scientific Services Ltd; [consultado 2017 oct 17]. <https://www.rssl.com/~media/rssl/en/files/documents/white-paper/oxidative-stability-and-shelf-life-of-foods-and-ingredients.pdf>.

Hernández E. 2005. Evaluación sensorial. Bogotá (Colombia): UNAD. 128 p.

Hill J, Melanson E, Wyatt H. 2000. Dietary fat intake and regulation of energy balance: implications for obesity. *The Journal of Nutrition.* [consultado 2017 oct 20]; 130(2):284–288. <http://jn.nutrition.org/content/130/2/284S.full>.

Hleap JI, Velasco VA. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Biotecnol Sect Agropecu Agroind.* [consultado 2017 oct 8]; 8(2):46–56. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a07.pdf>.

HunterLab. 2012. Measuring color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*, a*, b* [internet]. Virginia: Hunter Associates Laboratory Inc; [consultado 2017 oct 11]. <https://www.hunterlab.se/wp-content/uploads/2013/09/an-1005-measuring-color-using-hunter-l-a-b-versus-cielab.pdf>.

HunterLab. 2015. Measuring snack food using the compression ring and pan set [internet]. Virginia: Hunter Associates Laboratory Inc; [consultado 2017 oct 19]. <https://www.hunterlab.com/mm-5126-measuring-snack-food-using-the-compression-ring-and-pan-set-with-d25-nc-product.pdf>.

Jeltema M, Beckley J, Vahalik J. 2015. Model for understanding consumer textural food choice. *Food Science & Nutrition.* 3(3):202–212. eng. doi:10.1002/fsn3.205.

Leskinen S. 2016. How America eats: 2016 state of the snack food industry. Information Resources, Inc. (IRI). [consultado 2017 oct 27]; 1–110. <https://www.iriworldwide.com/IRI/media/video/How%20America%20Eats%20-%202016%20State%20of%20Snacking.pdf>.

Locatelli S, Berardo N. 2014. Chemical composition and phytosterols profile of degermed maize products derived from wet and dry milling. *Maydica.* [consultado 2017 oct 15]; 59(3):261–266. eng. <http://cra-journals.cineca.it/index.php/maydica/article/download/1007/854>.

López JA, Rodríguez E, Sepúlveda JU. 2012. Evaluación de características físicas y texturales de pan de bono. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* [consultado 2017 oct 10]; 61(3):273–281. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n3/v61n3a09.pdf>.

Marriott BM. 1995. Not eating enough: overcoming underconsumption of military operational rations. Washington (EEUU): National Academy Press. xiii, 483 p. ISBN: 0-309-05341-2.

McCrickerd K, Forde CG. 2016. Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability. *Obesity Review*. 17(1):18–29. eng. doi:10.1111/obr.12340.

METER. 2016. Water activity in snack foods [internet]. EEUU: METER Group; [actualizado 2017 oct 11; consultado 2017 oct 11]. <https://www.metergroup.com/food/articles/water-activity-snack-foods/>.

Nielsen. 2014. Snack attack: what consumers are reaching for around the world [internet]. USA: The Nielsen Company; [consultado 2016 nov 6]. <http://www.nielsen.com/content/dam/nielsen/global/kr/docs/global-report/2014/Nielsen%20Global%20Snacking%20Report%20September%202014.pdf>.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: Informe de una consulta mixta de expertos OMS/FAO. Suiza: OMS. 181 p. ISBN: 9243209167.

OVERSEAL. 2007. Naturally derived colours: margarines and spreads [internet]. Londres: Overseal Natural Ingredients Ltd; [consultado 2017 oct 9]. http://www.drescher.com.ar/active/htm/novedades/novedades_natra/margarinas/margarines_and_spreads.pdf.

RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano). 2009. Alimentos: criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos [internet]. Anexo de resolución No. 243-2009. Tegucigalpa: Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO). [consultado 2017 sept 18]. <http://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCACriteriosMicrobiologicos.PDF>.

RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano). 2012. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad [internet]. Resolución No. 277-2011. Tegucigalpa: Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO). [consultado 2017 sept 5]. <http://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAEtiquetadoNutricionalFinal.pdf>.

Rettig M, Hen A. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*. 42(2): 39-48. doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07.

Rhyne TM. 2016. Applying color theory to digital media and visualization. Carolina del Norte (EEUU): CRC Press. 208 p. ISBN: 9781498765503.

Ríos RV, Pessanha MDF, Almeida PFd, Viana CL, Lannes SCdS. 2014. Application of fats in some food products. *Food Science & Technology*. 34(1):3–15. doi:10.1590/S0101-20612014000100001.

Ros E, López J, Picó C, Rubio M, Babio N, Sala A, Pérez F, Bulló M, Solanas M, Hernandez Á, *et al.* 2015. Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta; postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). *Nutrición Hospitalaria*. [consultado 2017 oct 15]; 32(2):435–477. <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/9202.pdf>.

Rustan A, Drevon C. 2005. *Fatty acids: structures and properties*. Noruega: John Wiley & Sons, Ltd. *Encyclopedia of life sciences*; [atualizado 2017 jun 7];. doi: 10.1038/npg.els.0003894

Saldaña M, Martínez-Monteagudo SI. 2013. Oxidative stability of fats and oils measured by differential scanning calorimetry for food and industrial applications [internet]. Canada: University of Alberta; [actualizado 2013 ene 23; consultado 2017 oct 17]. <http://www.intechopen.com/download/pdf/42267>.

Serna S, Gutiérrez J, Mora S, García S. 2013. Potencial nutracéutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana*. [consultado 2017 oct 10]; 36(3-A):295–304. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/36-supl-3-A/3a.pdf>.

Simpson BK. 2015. Chapter 37: Natural food pigments. In: Simpson BK. *Food biochemistry and food processing*. 2nd ed. Iowa (EEUU): Wiley-Blackwell; Credo Reference. 901 p. ISBN: 978-0-8138-0874-1.

Sloan E. 2013. Consumers have a taste for texture. *Food Technology Magazine*. [consultado 2017 oct 19]; 67(11). <http://www.ift.org/food-technology/past-issues/2013/november/columns/consumer-trends.aspx>.

Solís Orellana. CS. 2016. Comparación de dos materiales encapsulantes por el método de gelificación iónica normal e inversa [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano-Honduras. 33 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5784/1/AGI-2016-T042.pdf>.

Stokes JR, Boehm MW, Baier SK. 2013. Oral processing, texture and mouthfeel: from rheology to tribology and beyond. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 18(4):349–359. doi:10.1016/j.cocis.2013.04.010.

Swidzinski T. 2013. Chizitos caseros [internet]. Argentina: Recericas.com.ar; [consultado 2017 may 22]. <http://www.recericas.com.ar/receta-chizitos-caseros/>.

Torres JD, Torres R, Acevedo D, Gallo LA. 2015. Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Vector*. [consultado 2017 oct 8]; 10:14–25. https://www.researchgate.net/publication/306099552_Evaluacion_instrumental_de_los_parametros_de_textura_de_galletas_de_limon.

USDA (United States Department of Agriculture). 2016. USDA National nutrient database for standard reference 28 [internet]. Maryland: United States Department of Agriculture; [consultado 2017 oct 14]. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>.

UTSAN. 2010. Situación actual de la seguridad alimentaria y nutricional en Honduras a diciembre 2009: factores determinantes en el contexto político, económico y social [internet]. Honduras: Secretaría de Estado en el Despacho Presidencial; [consultado 2016 nov 20]. http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe_completo_68.pdf.

Vincent J, Elices M. 2004. La textura de los alimentos: un complemento al sabor. *Mètode*. [consultado 2017 oct 27]. (40):21-27. <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/la-textura-de-los-alimentos-un-complemento-al-sabor.html>.

Whetzel N. 2015. Using hitch standardization on a series of color measuring instruments [internet]. Virginia: Hunter Associates Laboratory Inc; [consultado 2017 sep 14]. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204138175-Using-Hitch-Standardization-on-a-Series-of-Color-Measuring-Instruments-AN-1018b>.

White B. 2009. Dietary Fatty Acids. *American Family Physician*. [consultado 2017 oct 27]; 80(4):345–350. <http://www.aafp.org/afp/2009/0815/p345.html>.

7. ANEXOS

Anexo 1. Principales categorías de nutraceuticos asociados maíces criollos.

Compuesto nutraceutico		Estructura anatómica	Efecto preventivo o terapéutico
Familia	Clase		
Fenólicos	Simples como el ferúlico.	Principalmente asociados al pericarpio	Previenen el estrés oxidativo, cáncer, alto colesterol, arterioesclerosis y envejecimiento.
Antocianinas y flavonoides	Antocianinas, flavonoles, flavan-3-ols.	Principalmente asociados a la aleurona.	Previenen el estrés oxidativo, cáncer, alto colesterol, arterioesclerosis y envejecimiento.
Carotenoides	Carotenos	Principalmente asociados al endospermo de maíces amarillos.	Los B-carotenos son convertidos en vitamina A o retinol. Previenen el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y refuerzan al sistema inmunológico.
	Xantofilas: luteína, zeaxantina, criptoxantina	Principalmente asociados al endospermo de maíces amarillos.	Previenen a la degradación macular y formación de cataratas (opacidad del cristalino ocular). Retarda aparición de síntomas relacionados con la retinitis. Previenen a las enfermedades cardiovasculares.
Fitoesteroles	Sitosterol, estigmasterol, campesterol	Principalmente asociados al germen, pericarpio y aleurona.	Compiten con los sitios de absorción del colesterol y por consiguiente son considerados como hipocolesterolémicos y previsores de enfermedades cardiovasculares.
Fibra	Soluble como arabinoxilanos y hemicelulosas solubles.	Principalmente asociada al pericarpio.	Mejora función gastrointestinal, incrementa la viscosidad del bolo alimenticio y reduce el índice glicémico. Reduce el riesgo de diabetes e hipercolesterolemia. Efecto prebiótico generando ácidos grasos volátiles.
	Insoluble como celulosa y lignina	Principalmente asociadas al endospermo de maíces amarillos.	Mejora función gastrointestinal, incrementa el ligado de ácidos biliares y el volumen y peso de las heces, y reduce constipación, hemorroides, diverticulosis y cáncer.

Fuente: Serna *et al.* 2013

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial.

**HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL
EVALUACIÓN SENSORIAL DE SNACK DE MAÍZ**

Código

:

Edad:

Género

F

M

Otro

- Se le presentarán 4 muestras de Snack de Maíz, una galleta y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con un pedazo de galleta y agua antes y después de cada muestra.
- Marque con una X la calificación adecuada según su evaluación de las muestras para los atributos de: color, olor, sabor, textura y aceptación general.

Muestra

a

- 1: Me desagrada extremadamente
- 2: Me desagrada mucho
- 3: Me desagrada moderadamente
- 4: Me desagrada poco
- 5: Ni me agrada ni me desagrada
- 6: Me agrada poco
- 7: Me agrada moderadamente
- 8: Me agrada mucho
- 9: Me agrada extremadamente

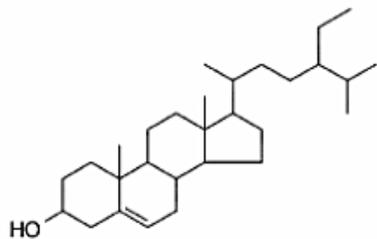
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
Aceptación general									

Anexo 3. Cuadro de condiciones relativas al contenido de nutrientes (Normativo).

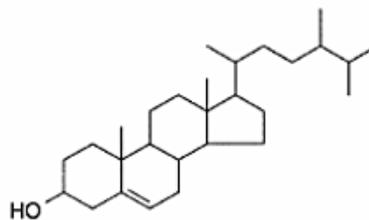
Componente	Declaración de propiedades	Condiciones
Energía	Exento, libre, sin, cero.	No contiene más de 21 kJ (5 Kcal) por porción o por 100 g o 100 mL.
	Bajo, baja fuente de.	No contiene más de 170 kJ (40 Kcal) por porción o por 100 g o 100 mL.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite.	Contiene al menos un 25% menos de energía por porción o por 100 g o 100 ml con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en energía.
	Exento, libre, sin, cero.	Contiene no más de 0,5 g por porción o por 100 g o 100 mL.
Grasa	Bajo	Contiene no más de 3 g por porción o por 100 g o 100 ml.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite.	Contiene al menos un 25% menos de grasa por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en grasa.
	Exento, libre, sin, cero.	Contiene no más de 0,5 g de grasa saturada y menos de 0,5 gramos de ácidos grasos trans por porción o por 100 g o 100 mL.
Grasas saturadas	Bajo	Contiene no más de 1.0 g por porción o por 100 g o 100 mL y la grasa saturada no aporta más del 15% de la energía.
	Ligero, liviano, reducido, menos, Light, lite.	Contiene al menos un 25% menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en grasa saturada.
	Exento, libre, sin, cero.	Contiene no más de 2 mg por porción o por 100 g o 100 mL y contiene 2 g o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL.
Colesterol	Bajo	Contiene no más de 20 mg por porción por 100 g o 100 mL y contiene 2 gr o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL.
	Ligero, liviano, Light, lite, reducido, menos.	Contiene al menos un 25% menos de colesterol por porción o por 100 g o 100 mL, con respecto al alimento de referencia. El alimento de referencia no debe ser bajo en colesterol. Contiene 2 g o menos de grasa saturada por porción o por 100 g o 100 mL.

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano, 2012. RTCA 67.01.60:10

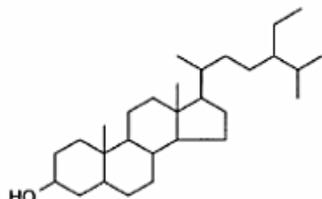
Anexo 4. Estructura molecular de fitoesteros (a,b), fitoestanos (c,d) y un éster de ácido graso. Fuente: Badal y Delgoda 2017.



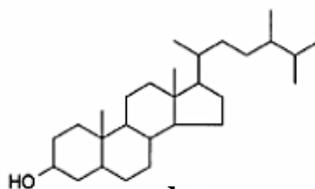
a Sitosterol



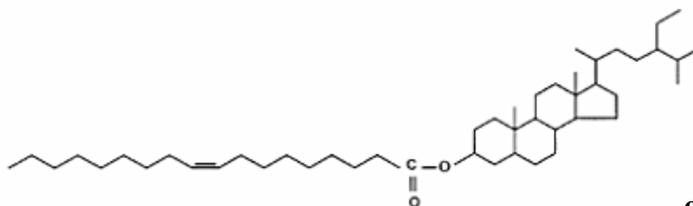
b Campesterol



c) Sitostanol



d Campestanol



e) Sitostanyl oleate