

Formulación de galletas fortificadas por sustitución parcial de harina de moringa y suero lácteo

Tania Espinal-Carrión¹, Gabriela Guadalupe García-Sampedro¹, Sebastián Alberto Domínguez-Rico¹, Citlali Mahetsi Ventura-Montes¹, Adriana Vázquez-Martínez¹.

Resumen: Formulación de galletas fortificadas por sustitución parcial de harina de moringa y suero lácteo.

Introducción. El suero lácteo y la moringa poseen alto valor nutricional; sin embargo, su uso en la elaboración de productos alimenticios es una alternativa viable pero poco utilizada. **Objetivo.** Elaborar una galleta fortificada por sustitución parcial de harina de moringa (HM) y polvo de suero lácteo (PSL). **Materiales y métodos.** Durante septiembre-diciembre 2021, se desarrollaron cuatro formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo por HM y PSL (F0=100:0:0; F1=90:5:5; F2=80:10:10; F3=70:15:15). La aceptación del producto se determinó mediante una evaluación sensorial considerando los atributos sabor, olor, color, textura y aceptación general. Se realizó el análisis químico proximal a la HM, al PSL, a la formulación de mayor aceptación y a F0. Se compararon los distintos parámetros químicos proximales y de aceptación mediante una anova de una vía, seguido de una prueba de comparación de medias de Tukey ($p<0,05$). **Resultados.** Conforme se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de trigo por HM y PSL se obtiene menor aceptación de las galletas, siendo F1 la más aceptada. F1 registró un contenido proteico de $6,90\pm 0,04\%$, significativamente mayor al observado en F0. **Conclusiones.** La buena aceptabilidad de F1 indica que la sustitución parcial por HM y PSL no influyen en su aceptación; además, F1 mostró un enriquecimiento de proteínas, lípidos y cenizas, así como contenido adecuado de humedad y carbohidratos. **Arch Latinoam Nutr 2023; 73(1): 32-41.**

Palabras clave: *Moringa oleifera*, suero lácteo, galleta fortificada, proteínas.

Introducción

El suero lácteo se obtiene como resultado de la coagulación de la leche durante la elaboración de quesos. Es un subproducto alimentario que contiene todos los aminoácidos esenciales,

Abstract: Formulation of fortified cookies by partial substitution of moringa flour and whey. Introduction.

Whey and moringa have high nutritional value; however, their use in the production of food products is a viable but rarely used alternative. **Objective.** To make a biscuit fortified by partial substitution of moringa flour (MF) and whey powder (WP). **Materials and methods.** During September-December 2021, four formulations were developed with different degrees of partial substitution of wheat flour for MF and WP (F0=100:0:0; F1=90:5:5; F2=80:10:10; F3=70:15:15). The acceptance of the product was determined through a sensory evaluation considering the attributes taste, odor, color, texture and general acceptance. A proximal chemical analysis was performed on the MF, WP, the most widely accepted formulation and F0. Proximal chemical parameters and acceptance attributes were compared using a one-way anova, followed by a Tukey mean comparison test ($p<0,05$). **Results.** As the percentage of substitution of wheat flour by MF and WP increases less acceptance of the biscuits is obtained, with F1 as the most accepted formulation. F1 registered a protein content of $6,90\pm 0,04\%$, significantly higher than that observed in F0. **Conclusions:** The good acceptability of F1 indicates that the partial substitution of wheat flour for MF and WP do not influence its acceptance; in addition, F1, showed an enrichment of protein, lipid and ash, as well as adequate moisture and carbohydrate content. **Arch Latinoam Nutr 2023; 73(1): 32-41.**

Keywords: *Moringa oleifera*, whey, fortified biscuit, protein.

lactosa, grasas, vitaminas (A, C, D, E y del complejo B), así como minerales (calcio, fósforo, potasio y hierro) (1). De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el estado de Chiapas ocupa el octavo lugar a nivel nacional en la producción de lácteos (2) y se calcula que el 60% de este volumen es utilizado en la elaboración de quesos. Como resultado de esta actividad, se producen cerca de 510,000 litros diarios de suero lácteo (3), que es utilizado en la alimentación de cerdos en sistemas porcinos de traspatio (4); pero la mayor proporción se desecha directamente

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula. Carretera a Puerto Madero Km. 2, Centro, C.P. 30700. Tapachula, Chiapas, México.
Autor para la correspondencia: Dra. Tania Espinal Carrión, E-mail: tec_1982@yahoo.com.mx



a las aguas residuales, contribuyendo a la contaminación de mantos freáticos (5).

Por otro lado, en Chiapas existe una producción favorable de moringa (*Moringa oleifera*) que es poco explotada a pesar de su gran aporte nutricional (6), principalmente por la calidad y porcentaje de proteína que contiene; además, se ha registrado que las hojas de la moringa poseen vitamina A, C, calcio, hierro y potasio (7).

En México, la desnutrición no es consecuencia de la escasa disponibilidad de alimentos en el hogar; se ha observado que de manera simultánea, en una misma familia, pueden encontrarse tanto preescolares desnutridos como adultos y escolares obesos. Esta condición se observa cada vez con mayor frecuencia en familias con bajo ingreso (8) y se relaciona con dietas poco balanceadas debido, en parte, a la carencia de productos alimenticios que aporten altos valores nutritivos en vez de elevado contenido calórico y reducido aporte proteico.

En este contexto, la utilización de suero lácteo y de moringa como materia prima en la elaboración de productos alimenticios de alta calidad es una alternativa viable pero poco utilizada. Es por ello que el objetivo del presente estudio fue formular una galleta fortificada por sustitución parcial de harina de moringa (HM) y polvo de suero lácteo (PSL), como alternativa para contribuir a la buena alimentación y disminución de la desnutrición en la población y dando un valor agregado tanto al suero lácteo como a la moringa producidos en la región.

Materiales y métodos

Obtención de la materia prima.

El suero lácteo se obtuvo de pequeñas microempresas productoras de queso pertenecientes a la ciudad de Tapachula, Chiapas, mientras que la moringa (hojas) se obtuvo de pequeños productores de la zona.

El suero lácteo fue pasteurizado a 62,5 °C durante 30 minutos, seguido de un

enfriamiento rápido en baño maría inverso a una temperatura de 5 °C. Posteriormente se deshidrató por liofilización durante un periodo de 36 horas en un liofilizador (OPERON, Mod. FDB-5503) a temperatura de -55 °C y se recolectó el polvo.

Para obtener la harina a partir de la hoja de moringa, estas se secaron en un horno (FELISA, Mod. FE-291) para después pulverizarlas en una licuadora comercial; se tamizó la harina (Tamiz ASTM No. 40) y se almacenó dentro de un recipiente hermético.

El resto de las materias primas utilizadas en la elaboración de las galletas (harina de trigo, mantequilla, azúcar, polvo para hornear, vainilla) se adquirieron en supermercados de la zona.

Formulación y elaboración de las galletas.

Se desarrollaron cuatro formulaciones con diferentes grados de sustitución parcial de HM y PSL expresadas en porcentaje del panadero respecto al 100% de la harina de trigo (F0=100:0:0; F1= 90:5:5; F2=80:10:10; F3=70:15:15). Se consideró como control a F0.

Las materias primas e insumos fueron pesados en una báscula electrónica de mostrador (COVACOR, mod. BCG). Se procedió al homogeneizado de los ingredientes utilizando un procesador de alimentos (Kitchen Aid, Mod. KFP0919L) hasta obtener una masa uniforme que fue laminada y cortada para realizar el horneado a 180 °C por 15 minutos en una estufa industrial (ED-Múltiple, Mod. MT22M). Las galletas se enfriaron a temperatura ambiente y se empaquetaron en bolsas plásticas con cierre hermético para su posterior análisis.

Evaluación sensorial.

Para determinar la aceptación del producto, se realizó una evaluación sensorial de tipo afectiva. La prueba se realizó a un grupo de 50 jueces no entrenados, seleccionados entre edades de 5 a 85 años, razón por la cual se diseñó una boleta con una escala hedónica facial de 5 puntos (me gusta mucho, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco, me disgusta mucho). Los atributos a evaluar fueron sabor, olor, color, textura y aceptación general.

Análisis químico proximal.

Se realizó el análisis químico proximal a la HM, al PSL, a la formulación de galletas de mayor aceptación, así como a F0, utilizando los métodos de la AOAC

(2003) (9). El porcentaje de humedad se determinó con el método A.O.A.C. 23,003, en una estufa Quincy Lab 10-180 a una temperatura de 130 ± 5 °C; las cenizas con el método A. O.A.C. 923,03 en una mufla marca Felisa FF340 a 550 °C; los lípidos (extracto etéreo) con el método A.O.A.C. 920,039 con un equipo de extracción Soxhlet Kimax Kimble, utilizando hexano como solvente; para la proteína cruda se utilizó el método A.O.A.C. 981,10 con un equipo macro Kjeldahl marca Tecni-Lab. El porcentaje de carbohidratos se determinó por el método de diferencia, que consiste en restar al 100%, el resultado del porcentaje de humedad, ceniza, grasa y proteínas.

Análisis estadístico.

La comparación entre los distintos parámetros químico proximales y de aceptación en las formulaciones se realizó mediante un análisis de varianza de una vía, seguido de una prueba de comparación de medias por el método de diferencia mínima significativa de Tukey, con un valor de significancia de $p < 0,05$, utilizando el software XLSTAT-BASIC.

Resultados

Evaluación sensorial.

En la tabla 1 se observa el puntaje en el nivel de aceptación de las galletas formuladas, donde el análisis estadístico demostró que la aceptación disminuye para todos los atributos analizados a medida que se incrementa la sustitución parcial de harina de trigo por HM y PSL. A pesar de esto, las formulaciones tienen un

adecuado nivel de agrado ya que los valores obtenidos, con excepción del sabor en F3 ($2,275 \pm 1,5$), están por encima del valor medio de la escala hedónica de 5 puntos (2.5). De las formulaciones propuestas, la F1 mostró ser la de mayor aceptación, puesto que presentó la mayor puntuación sin encontrarse diferencias significativas con relación al F0 (control) ($p < 0,05$); sin embargo, el olor y el color parecen impactar en la aceptación de las formulaciones experimentales, ya que fue en estos atributos en donde se observó que ninguna de las formulaciones fue aceptable en comparación con F0 (Tabla 1).

Análisis químico proximal.

Harina de moringa.

Se encontró que el porcentaje de humedad de la HM fue de $10,86 \pm 0,79$ %, $24,40 \pm 1,47$ % de proteínas, $17,61 \pm 3,05$ % de lípidos, $13,41 \pm 0,03$ % de cenizas y $33,70 \pm 2,92$ % de carbohidratos (Tabla 2).

Polvo de suero lácteo.

Para el PSL el porcentaje de humedad fue de $12,19 \pm 0,07$ %, $13,73 \pm 0,90$ % de proteínas, $3,68 \pm 0,04$ % de lípidos, $10,61 \pm 0,07$ % de cenizas y $60,78 \pm 0,13$ % de carbohidratos (Tabla 3).

Comparación del análisis químico proximal entre el control (F0) y la galleta fortificada de mayor aceptación.

Tabla 1. -Media \pm desviación estándar de la aceptación para los atributos evaluados. Las letras indican diferencias significativas entre las formulaciones. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

	Sabor	Olor	Color	Textura	Aceptación General
F0	$4,95 \pm 0,31$ ^a	$4,825 \pm 0,44$ ^a	$4,925 \pm 0,26$ ^a	$4,9 \pm 0,3$ ^a	$4,9 \pm 0,05$ ^a
F1	$4,65 \pm 0,66$ ^a	$4,025 \pm 1,05$ ^b	$4,1 \pm 1,1$ ^b	$4,625 \pm 0,67$ ^{a,b}	$4,35 \pm 0,33$ ^{a,b}
F2	$3,7 \pm 1,3$ ^b	$3,775 \pm 1,07$ ^b	$3,9 \pm 1,21$ ^b	$4,275 \pm 0,98$ ^b	$3,91 \pm 0,26$ ^b
F3	$2,275 \pm 1,5$ ^c	$2,85 \pm 1,52$ ^c	$3,475 \pm 1,44$ ^b	$3,675 \pm 1,42$ ^c	$3,06 \pm 0,64$ ^c

Tabla 2. Media \pm desviación estándar de los parámetros del análisis químico proximal de la harina de moringa (g/100 g de materia seca).

	%
Humedad	10,86 \pm 0,79
Proteína	24,40 \pm 1,47
Lípidos	17,61 \pm 3,05
Ceniza	13,41 \pm 0,03
Carbohidratos	33,70 \pm 2,92

Tabla 3. Media \pm desviación estándar de los parámetros del análisis químico proximal del polvo de suero lácteo (g/100 g de materia seca).

	%
Humedad	12,19 \pm 0,07
Proteína	13,73 \pm 0,90
Lípidos	3,68 \pm 0,04
Ceniza	10,61 \pm 0,07
Carbohidratos	60,78 \pm 0,13

Al ser F1 la formulación con los valores estadísticamente más altos de aceptación, se comparó su composición química proximal con F0 (control) para corroborar su enriquecimiento nutricional. Se demostró que la composición química proximal entre F0 y F1 es estadísticamente diferente ($p < 0,05$) (Tabla 4). En el caso de la humedad y carbohidratos, se registraron valores significativamente menores para F1; mientras que, para el contenido de proteínas, lípidos y cenizas, F1 mostró un enriquecimiento con valores significativamente más altos.

Tabla 4. Media \pm desviación estándar de los parámetros del análisis químico proximal (g/100 g de materia seca). Las letras indican diferencias significativas entre las formulaciones. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

	F0	F1
Humedad	5,01 \pm 0,03 ^a	4,05 \pm 0,12 ^b
Proteína	6,06 \pm 0,05 ^a	6,9 \pm 0,04 ^b
Lípidos	53,15 \pm 4,06 ^a	61,41 \pm 0,34 ^b
Ceniza	1,39 \pm 0,01 ^a	2,23 \pm 0,01 ^b
Carbohidratos	34,36 \pm 4,01 ^a	25,41 \pm 0,12 ^b

Discusión

Evaluación sensorial.

Se determinó que el incremento en la sustitución parcial de la harina de trigo por HM y de PSL disminuye la aceptación de los diferentes atributos analizados, siendo F3 la galleta de menor aceptación y F1 la más aceptada; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre F0 y F1, lo cual puede indicar que para F1 la sustitución parcial de harina de trigo no ejerce ningún efecto significativo en la aceptación de la galleta. Esto coincide con lo registrado por De Souza (10) y Alfonso y Méndez (11) quienes también encontraron que la sustitución de harina de trigo por HM al 5% no afectó la aceptación de la galleta; sin embargo, De Souza (10) registra una disminución de la aceptación general en su formulación con 8% de HM, mientras que Alfonso y Méndez (11) encuentran una disminución en la aceptación con la sustitución de moringa al 10 y 15%.

Galdámez- Gutiérrez *et al.*, (12), indican que la función del suero de leche en polvo en la masa para elaborar galletas es muy similar a la de la leche descremada en polvo, es decir, contribuye a la textura, sabor, color de superficie y le aporta un valor nutricional extra. La presencia de aminoácidos provenientes de la leche favorece las reacciones de pardeamiento durante el horneado, contribuyendo a la obtención del color y el aroma deseado. López-Villafuerte *et al.*, (13), encontraron que la sustitución parcial de hasta el 20%

de harina de trigo por PLS no generó cambios en la aceptación de galletas. De igual manera, Fernández *et al.*, (14) no observaron un efecto negativo en la aceptación de galletas con sustitución de harina convencional por 7,5% de proteína obtenida de suero lácteo.

Esto pone de manifiesto que la HM es la que ejerce el mayor efecto en la aceptación de las galletas desarrolladas en el presente trabajo, sobre todo en los atributos olor y color. Al respecto Asensi *et al.*, (15) sugieren que para que no se afecte la aceptabilidad del producto con añadido de HM, para el atributo olor, es fundamental el empleo de sustancias aromatizantes. Dado que el color de una galleta es normalmente tipo caramelo, el color verde que la moringa confiere a las galletas puede resultar desagradable para los consumidores, por lo que para evitar un sesgo de aceptación para este atributo es deseable utilizar coberturas, como el chocolate (16).

Análisis químico proximal.

Harina de moringa.

Para la humedad, se encontró un porcentaje de $10,86 \pm 0,79$ % que es mucho mayor al registrado por Sandoval (17), Garavito (18) y Peñalver *et al.*, (19) quienes registran 6%, 7,5 % y 7,23 % de humedad, respectivamente, para la HM. El incremento en el contenido de humedad registrado en la HM utilizada en este trabajo puede deberse a que no se almacenó al vacío; sin embargo, el uso de esta harina como sustituto de harina de trigo es posible, ya que no supera el 15,5% de humedad establecido como límite máximo por el *Codex Alimentario* (CXS 152-1985) para la harina de trigo (20).

El contenido proteico para la HM elaborada para este estudio fue de 24,4%, similar a lo reportado por Sandoval (17) (25,7%), Llanes *et al.*, (21) (25,6%), Peñalver *et al.*, (19) (25,3%) y Garavito (18) (27,1%). Únicamente Del Toro *et al.*, (22), registran un porcentaje menor al 24%. Esto es un buen indicio de la calidad proteica de la materia prima utilizada en este proyecto ya que, de acuerdo a Fahey (23), las hojas de moringa contienen altas cantidades de proteínas, casi al igual que la leche en polvo.

En el caso de lípidos se registró un 17,6% lo que representan un contenido superior a los resultados de Fuglie (24) (2,3%), Peñalver *et al.* (19) (5,75%) y Sandoval (17) (6,5%). El porcentaje de lípidos más alto encontrado en caracterizaciones anteriores es el registrado por Sultana (25) (9,51%).

Para las cenizas, se obtuvo un valor más alto ($13,41 \pm 0,03$ %) en comparación con lo registrado en otros trabajos. Llanes *et al.*, (21) registraron el 11,4 %; el menor porcentaje fue el registrado por Sandoval (17) quien reporta un 4,8%. El mayor contenido de cenizas de la moringa encontrada en el presente proyecto es un indicador de una alta concentración de minerales, de los cuales el calcio, fósforo, potasio, sodio, hierro, magnesio, zinc y cobre han sido cuantificados en polvo de hojas secas de moringa por otros autores (22, 24, 25).

De los carbohidratos se obtuvo un valor de 33,7%, valor parecido a lo descrito por Fuglie (24) (38,2%); sin embargo, Sandoval (17), Del Toro *et al.*, (22) y Sultana (25) registran valores superiores de 56,9 %, 52,1% y 47,25%, respectivamente. Por otra parte, Garavito (18) menciona un valor de 8,2%.

Foidl *et al.*, (26) señaló que existe una amplia variabilidad en la composición nutritiva de la moringa dado por diferencias en las condiciones edafoclimáticas, las partes de la planta, edad de corte y época del año.

Polvo de suero lácteo.

El contenido de humedad del PSL fue de $12,19 \pm 0,07$ %; Teniza (27) obtuvo un resultado de 1,5% en el análisis de PSL grado industrial. El *Codex Alimentarius* (28) especifica un máximo de 5% de humedad para suero lácteo en polvo, lo que significa que nuestros resultados exceden este parámetro establecido. Esto puede deberse a que, el PSL no se almacenó en bolsas herméticas al vacío, y dado que, los productos con alto contenido proteico son muy higroscópicos, especialmente en forma liofilizada (29, 30), el porcentaje de humedad registrado aumentó considerablemente, por lo que es necesario tener más cuidado durante el almacenamiento para preservar sus propiedades funcionales en trabajos futuros. Aun así, es posible usar el polvo obtenido en este trabajo para reemplazar la harina de trigo en un producto de panadería (galletas), de acuerdo al *Codex Alimentarius* (20).

El contenido proteico promedio obtenido en el presente estudio fue de $13,73 \pm 0,90$ %,

resultandos similares a los presentados por Luquet (31) y Posada *et al.*, (32) quienes reportan un 13% y 11-14,5% para el suero dulce en polvo, respectivamente. Además, también se encuentra por arriba del nivel mínimo del 7% para el suero ácido en polvo establecido en el *Codex Alimentarius* (28). El alto contenido de proteínas del suero lácteo resulta por lo tanto significativo para su uso en productos alimenticios ya que es una importante fuente de inmunoglobulinas, las cuales son conocidas por su efecto inmunoprotector. Éstas contribuyen a fortalecer el sistema de defensa del organismo (33).

En la determinación de lípidos se obtuvo un valor promedio de $3,68 \pm 0,04\%$, mayor a lo registrado por otros autores y a lo considerado por el *Codex Alimentarius* (2%) (28). Luquet (31) registró un índice de lípidos del 1% para el suero de leche en polvo suave; Asas *et al.*, (33) registran un contenido de lípidos del 1 % en el suero de leche ácido en polvo y un 0,2 % en el suero de leche en polvo dulce. Esto puede deberse que la recuperación de la grasa de la cuajada es más efectiva en las queserías industriales frente a las queserías artesanales (34), como en el caso del presente trabajo, por lo que no es extraño que el porcentaje graso de nuestro suero lácteo sea algo elevado.

Se encontró que el valor medio de cenizas fue de $10,61 \pm 0,07\%$; Teniza (27) registró en promedio 7,5% de cenizas en PLS grado alimenticio. Asas *et al.*, (33) encontraron porcentajes de cenizas que varían de 7 a 8% en suero ácido, mientras que en suero dulce se obtuvieron valores de 4 a 5%. Cabe señalar que ambos trabajos obtuvieron el suero en polvo mediante un proceso de secado por aspersión a diferencia del presente trabajo en donde se obtuvo por liofilización. Valores más similares a nuestros resultados son los presentados por Luquet (31) quien encontró un 9% de cenizas para suero lácteo dulce en polvo; además, nuestros resultados cumplen con lo establecido en el *Codex Alimentarius* en donde se define cómo límite máximo 15 % para el suero ácido en polvo (28). El concepto de cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión completa de los componentes orgánicos de un alimento; este

residuo se corresponde en el contenido en minerales del alimento. Los sueros ácidos presentan mayor contenido en calcio y fósforo debido a la solubilización del fosfato cálcico coloidal de las micelas de caseína durante la acidificación; sin embargo, en los sueros dulces no se produce la separación del calcio de las micelas, por lo que la mayoría del calcio permanece retenido en el queso y no se pierde en el suero (35).

En el suero en polvo grado alimenticio y en el suero en polvo industrial, el contenido de carbohidratos mencionado por Teniza (27) es del 76,5% mientras que en el presente estudio se registró un porcentaje menor, $60,78 \pm 0,13\%$.

Es importante mencionar que la composición del suero lácteo depende de la leche de la que se obtiene, misma que puede observar variaciones en función de la raza de los animales, la época del año, su alimentación, el clima en donde se desarrollan (36), además de los tratamientos previos (homogeneización, centrifugación, tratamiento térmico) que experimenta para la fabricación quesera (35).

Los resultados anteriores indican que las propiedades nutricionales, tanto del PSL obtenido por liofilización como la HM, representan subproductos alimentarios de alto valor nutritivo, viables para su uso como materia prima en la elaboración de productos alimenticios de calidad.

Comparación del análisis químico proximal entre el control (F0) y la galleta fortificada de mayor aceptación (F1).

De acuerdo con el resultado del análisis químico proximal, F0 obtuvo un porcentaje de humedad de $5,01 \pm 0,03\%$, siendo un porcentaje mayor al encontrado por Sandoval (17) para su galleta control ($3,10 \pm 0,02\%$); en la formulación F1 se obtuvo una humedad de $4,05 \pm 0,12\%$, resultado menor en comparación a lo obtenido por Ruiz (37) para galletas con un 5% de harina de hoja de moringa ($7,95 \pm 0,02\%$); sin embargo, todos estos valores de humedad son aceptables ya que son menores al 8% establecido como límite máximo por la NMX-F-006-1983 (38). El que F1 haya tenido significativamente un menor porcentaje de humedad en comparación con F0 es favorable ya que desde el punto de vista microbiológico, una menor humedad favorece su conservación a temperatura ambiente (39).

En cuanto a las proteínas, se registró 6.90 ± 0.04 % para F1, mientras que se encontró un aporte menor para F0, lo cual coincide con lo mencionado por Asensi *et al.*, (15) quienes afirman que al usar moringa como sustituto de harina de trigo se consigue un aumento en los porcentajes de proteínas. Esto es corroborado por varios autores; De Souza (10) registró valores de proteínas de 8,92 % en galletas con el 8% de sustitución de HM. Gutiérrez (40) encuentra una mayor concentración de proteínas (15,62%) en galletas con sustitución de 15% de moringa. En cuanto al suero lácteo, López-Villafuerte *et al.*, (13), mencionan que la proteína del suero de leche constituye una rica fuente de dos aminoácidos y encuentran porcentajes mayores en comparación con lo obtenido en el presente estudio, para su galleta, enriquecida con 10,59 % de harina de suero lácteo, un 12,95% de proteínas; esto se debe a la mayor porción de sustitución de harina de trigo por harinas de suero lácteo y soya. Aún así, F1 presentó un contenido de proteínas del $6,90 \pm 0,04$ %, que es significativamente mayor al observado en F0 y mayor en un 15,7% al mínimo permitido de acuerdo a la NMX-F-006-1983 (38).

De lípidos en F1 se obtuvo $61,41 \pm 0,34$ %, mientras que Sandoval (17) registró $16,87 \pm 0,02$ % en su galleta con 6% de HM; el valor más bajo de lípidos en el presente estudio lo obtuvo el blanco (F0) con $53,15 \pm 4,06$ %, comparado con lo obtenido por Sandoval (16) en su galleta control ($10,57 \pm 0,03$ %); López-Villafuerte *et al.*, (13) encuentran un porcentaje de lípidos del 0,84% para sus galletas con el 10,59% de harina de suero lácteo. Los porcentajes de grasa registrados en este estudio exceden el mínimo permitido de 10,0% de acuerdo a la NMX-F-006-1983 (38). Esto puede estar relacionado con el alto contenido de lípidos encontrados en la HM analizada.

Para las cenizas, F0 registró $1,39 \pm 0,01$ %, valor que es menor a lo obtenido por Sandoval (16) en su galleta control ($1,71 \pm 0,01$ %). En el estudio realizado por Ruíz (37) en su formulación con 5% de HM, encuentra un porcentaje de $2,64 \pm 0,20$ %, mientras que Sandoval (17) en su formulación con 6% de HM registró un $2,27 \pm 0,01$ %, valores que son parecidos a lo obtenido en este estudio para la galleta con mayor aceptación, F1 ($2,23 \pm 0,01$ %); sin embargo, estos valores son ligeramente mayores a los establecidos en la NMX-F-006-1983 (38), en donde se considera un valor máximo del 2% de cenizas. Este ligero aumento puede deberse al alto contenido de material mineral presente en la moringa (22, 24, 29) y el PSL (35).

Los porcentajes de carbohidratos para F0 y F1 ($34,36 \pm 4,01$ y $25,41 \pm 0,12$, respectivamente) estuvieron muy por debajo de lo registrado por otros autores; Sandoval (17) en su galleta control obtuvo un 68,28%. López-Villafuerte *et al.*, (13) presentó un valor de 59,49% para su galleta con 10,59% de harina de suero lácteo. La galleta F1 obtuvo un porcentaje bastante bajo comparado con el $62,82 \pm 0,62$ % obtenido por Hernández y Méndez (41) para su galleta de HM y amaranto (5% HM + 45% harina de amaranto). La NMX-F-006-1983, considera un contenido máximo de carbohidratos del 74% para galletas, por lo que lo observado en el presente trabajo, está muy por debajo el límite establecido y representa los valores más bajos de carbohidratos registrados en la literatura para galletas con sustitución parcial de harina de trigo por HM y/o PSL. La cantidad de carbohidratos adecuada para una dieta saludable es desconocida, pero de acuerdo al Instituto de Medicina de los Estados Unidos, la ingesta diaria de calorías provenientes de carbohidratos debería estar entre 45% y 65% (42). Sin embargo, se ha encontrado que el límite más bajo de consumo de carbohidratos necesario para vivir aparentemente es cero, siempre y cuando se ingiera la cantidad adecuada de grasas y proteínas.

De acuerdo con el *Codex alimentarius* (43) se considera que un alimento fue fortificado o enriquecido cuando, por adición de nutrientes (tanto si están contenidos normalmente en el alimento o no), se aumenta su valor nutritivo por encima de los contenidos del alimento original, con el fin de prevenir o corregir una carencia de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población. De acuerdo a esta definición, la adición de PSL, así como HM a F1 mostró ser una buena alternativa para fortificar la galleta elaborada en el presente trabajo, ya que se elevó su valor proteico, de cenizas y lípidos, así como un contenido adecuado de humedad y de carbohidratos.

La fortificación de alimentos básicos que consume la mayoría de la población, como el caso de las galletas elaboradas en este trabajo, es la manera más eficaz para corregir las deficiencias de nutrientes esenciales

en una población, debido a su cobertura y disponibilidad. La incorporación de las galletas formuladas, con 90% de harina de trigo, 5 % de HM y 5 % de PSL, a la dieta resulta una alternativa interesante como complemento nutricional que contribuya a la buena alimentación y disminución de la desnutrición en la población; sin embargo, es necesario realizar estudios químicos adicionales para conocer el tipo de aminoácidos, lípidos y minerales que contiene la galleta, así como su estabilidad microbiológica.

Conclusiones

El alto grado de aceptabilidad de F1 para los atributos sensoriales evaluados, sin que se encontraran diferencias significativas con el blanco (F0), indica que la sustitución parcial de harina de trigo por HM y PSL no influyen en la calidad del sabor y la aceptación del producto; además, la comparación de la composición química proximal entre F0, control, y F1, formulación de mayor aceptación, pone en evidencia que la galleta formulada con 90% de harina de trigo, 5 % de HM y 5 % de PSL tiene un enriquecimiento en cuanto al contenido proteico, de lípidos y de cenizas, así como un contenido adecuado de humedad y de carbohidratos. Esto sustenta la viabilidad del producto para ser utilizado como alternativa para contribuir a la buena alimentación en la población.

Agradecimientos

El presente estudio fue desarrollado gracias al financiamiento y apoyo del Tecnológico Nacional de México a través del Proyecto de Desarrollo Tecnológico e Innovación número 913h85 (11025) y por el Instituto Tecnológico de Tapachula.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de interés.

Referencias

1. Guo M, Wang G. History of whey production and whey protein manufacturing. In: Guo M, editor. *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications*. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2019. p. 1-12.
2. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP). Boletín de Leche:enero-marzo 2019. México, DF. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20enero-marzo%202019.pdf>
3. Ochoa P. Caracterización de los procesadores y análisis de la calidad de la leche y el queso del municipio de Tércpatan, Chiapas [Tesis de pregrado]. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas; 2013.
4. Vázquez Esnoval CO, Pinto Ruiz R, Rodríguez Hernández R, Carmona de la Torre J, Gómez de Jesús A. Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas, Av Investig Agropecu. 2017; 21(1):65-75.
5. Hernández, TR. Diagnóstico del uso de lactosuero derivado de queserías de la región Frailesca [Tesis de pregrado]. Villaflores, Chiapas. México: Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas, 2015.
6. Kashyap P, Kumar S, Riar CS. *et al.* Recent Advances in Drumstick (*Moringa oleifera*) Leaves Bioactive Compounds: Composition, Health Benefits, Bioaccessibility, and Dietary Applications, Antioxidants. 2022; 11(2):402. <https://doi.org/10.3390/antiox11020402>
7. Saa RW, Fombang EN, Ndjantou EB, Njintang NY. Treatments and uses of *Moringa oleifera* seeds in human nutrition: A review. Food Sci Nutr. 2019; 7(6):1911-1919. Doi:10.1002/fsn3.1057.
8. García-Chong N, Trujillo-Olivera L, Zúñiga-Cabrera M. Vulnerabilidad de la niñez en Chiapas. Temas de Salud. Primera edición electrónica. México: Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Medicina Humana, Cuerpo Académico: Promoción y educación en salud. El Colegio de la Frontera Sur; 2015.
9. AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. USA: Association of Analytical Communities. 2003.
10. De Souza C. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*), por harina de moringa (*Moringa oleifera*), en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general en galletas [Tesis de pregrado]. Trijillo-Perú: Facultad de ingeniería, Universidad Cesar Vallejo; 2018.
11. Alfonso A, Méndez R. Galletas de harina de moringa (*Moringa Lam*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) [Tesis de pregrado]. Chiapas, México: Facultad de ciencias de la nutrición y alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas; 2018.
12. Galdámez-Gutierrez K, Gamboa-Coronel M, Márquez-Montes R, Ballinas Gómez M, Vela-Gutiérrez, G. Elaboración de una galleta y su impacto sensorial en escolares y jueces semientrenados. En: Vela-Gutiérrez, editor. Suero de leche: Impacto nutricional, tecnologías de procesamiento, evaluación sensorial e innovación gastronómica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: UNICACH; 2020. p.75-104.

13. López-Villafuerte K, Cabrera-Martínez D, Águilar-Nájera O, Sol-González W, López-Zúñiga E, Vela-Gutiérrez G. Evaluación del impacto nutricional y la aceptación organoléptica de galletas enriquecidas con lactosuero, soya y nuez de macadamia en preescolares de una comunidad de Chiapas, México. *CienciaUAT*. 2013; 8(1): 33-41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942930005>
14. Fernández A, Rojas E, García A, Mejía J, Bravo A. Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Rev Cient*. 2016; 26(2): 71-79. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95945988003>
15. Asensi G, Durango A, Gaspar R. *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *Arch Latinoam Nutr*. 2017;67(2): 86-96.
16. Aguiar-Naranjo P. Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de galletas con sustitución parcial de *Moringa oleifera* [Tesis de pregrado]. Ambato, Ecuador: Facultad de ciencias e ingeniería en alimentos y biotecnología, Universidad Técnica de Ambato.; 2019.
17. Sandoval Micha D. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) y harina de soya (*Glycine max*) en la elaboración de galletas dulces [Tesis de pregrado]. Chimbote, Perú: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Santa; 2020.
18. Garavito U. *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. *Avicultura*. 2008. <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/foros/articulo-moringa-oleifera-alimento-t13131/078-p0.htm>
19. Peñalver R, Martínez-Zamora L, Lorenzo J, Ros G, Nueto G. Nutritional and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaves in functional foods. *Foods*. 2022; 11:1107-1119. Doi:10.3390/foods11081107.
20. *Codex alimentarius*. Norma para la harina de trigo. Codex STAND 152-1985. Adoptada en 1985. Revisión 1995. Enmienda 2016, 2019, 2021. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
21. Llanes J, Toledo J, Sarduy L. Evaluación de la harina de moringa (*Moringa Oleifera* Lam) en *Clarias gariepinus*. *Rev Cub Inv Pesq*. 2016;33(1):53-58.
22. Del Toro M, Carballo H, Rocha R. Corn flour fortified with *Moringa oleifera* leaves powder: alternative against hunger on vulnerable population. *Rev Cienc*. 2016;20(2):77-86. Doi:10.25100/rc.v20i2.4675.
23. Fahey JW. *Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. *TFLJ*. 2005;1(5):1-15.
24. Fuglie LJ. Combating malnutrition with Moringa. In: Fuglie L, editor. *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa*. Wageningen, the Netherlands: CTA Publication; 2001. p. 117-136.
25. Sultana S. Nutritional and functional properties of *Moringa oleifera*. *Metabol Open*. 2020;9(8):100061. Doi:10.1016/j.metop.2020.100061.
26. Foidl N, Makkar HPS, Becker K. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *Proceedings of the International Workshop "What Development Potential for Moringa Products?"*; 2001 29th October - 2nd November; Dares-Salaam, Tanzania. CIRAD; 2001. p. 47-67.
27. Teniza O. Estudio del suero de queso de leche de vaca y propuesta para el reuso del mismo [Tesis de posgrado]. Tlaxcala, México: Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional; 2008.
28. *Codex alimentarius*. Norma para los sueros en Polvo. CXS 289-1985. Adoptada en 1985. Revisión 2003. Enmienda 2006, 2010, 2018. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B289-1995%252FCXS_289s.pdf
29. Wit J, Klarenbeek B, Adamse M. Evaluation of functional properties of whey protein concentrates and whey protein isolates. 2. Effects of processing history and composition. *Neth. Milk Dairy J*. 1986;40:41-56.
30. Pintado M, López da Silva J, Malcata F. Comparative characterization of whey protein concentrates from ovine, caprine and bovine breeds. *LWT- Food Sci Tech*. 1999;32 (2):231-237. Doi:10.1006/fstl.1999.0531.
31. Luquet, F. M. Leche y productos lácteos: vaca-oveja-cabra. Los productos lácteos 2: transformación y tecnología. Zaragoza, España: Acribia; 1993.
32. Posada K, Terán D, Ramírez-Navas J. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *Aliment Lat*. 2011; 292:66-75.
33. Asas C, Llanos C, Matavaca J, Verdezoto D. El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroind Sci*. 2021;11(1):105-11. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13>
34. Moreno-Indias I, Castro N, Morales-de la Nuez A, et al. Farm and factory production of goat cheese whey results in distinct chemical composition. *J Dairy Sci*. 2009;92(10): 4792-4796. Doi:10.3168/jds.2009-2215.
35. Jelen P. Whey: composition, properties, processing and uses. In Hui Y, editor. *Encyclopedia of food science and technology*. New York: John Wiley & Sons (Wiley-Interscience Publication); 1992. p. 2835-2845.
36. Tziboula-Clarke A. 2003. Goat milk. In Roginnski H, Fuquay J, Fox P, editors. *Encyclopedia of dairy sciences*, vol. 2'. Academic Press; 2003. p. 1270-1279.
37. Ruíz R. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por la mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): harina de hoja de moringa

- (*Moringa oleifera*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de una galleta [Tesis de pregrado]. Trujillo, Perú: Facultad de Ingeniería. Universidad César Vallejo; 2018.
38. Norma Mexicana NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <https://media.gotomexico.today/reglament/nmx-f-006-1983.pdf>
 39. Lianou A, Panagou E, Nychas G. Microbiological spoilage of foods and beverages. In: Subramaniam P., editor. *The Stability and Shelf Life of Food*. 2nd ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing; 2016. p. 3–42.
 40. Gutiérrez G. Elaboración de galletas adicionadas con harina de moringa [Tesis de pregrado]. Chiapas, México: Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas; 2015.
 41. Hernández A, Méndez R. Galleta de harina de moringa (*Oleífera lam*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) [Tesis de pregrado]. Chiapas, México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas; 2018.
 42. Institute of Medicine of National Academies. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)*. Washington DC: National Academies Press; 2005.
 43. *Codex Alimentarius*. Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos. CAC/GL 9-1987. Adoptado en 1987. Enmiendas: 1989 y 1991. Revisión: 2015. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B9-1987%252FCXG_009s_2015.pdf

Recibido: 02/08/2022

Aceptado: 27/03/2023