

Desarrollo de tortilla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada fortificada con calcio a partir de cáscaras de huevo

Walter Alexis Catalán Monroy

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Desarrollo de tortilla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada fortificada con calcio a partir de cáscaras de huevo

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

Presentado por

Walter Alexis Catalán Monroy

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Desarrollo de tortilla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada fortificada con calcio a partir de cáscaras de huevo

Walter Alexis Catalán Monroy

Resumen. La tortilla de maíz es un alimento con alto consumo en Centroamérica, sin embargo, presenta deficiencias nutricionales como bajo contenido de calcio. La deficiencia de esta nutriente causa enfermedades como osteoporosis en personas adultas. Una solución a esta problemática es la fortificación de alimentos. El objetivo del estudio fue desarrollar una tortilla de maíz fortificada con calcio a partir de la adición de polvo de cáscara de huevo (PCH). El estudio constó de dos fases, primero se evaluó el efecto de la adición de 5, 10 y 20% de PCH en la tortilla sobre la aceptación sensorial, se usó un Diseño de Bloques Completos al Azar, y los datos se analizaron a través de un ANDEVA y una separación de medias DUNCAN para determinar el tratamiento mejor evaluado. En la segunda fase, se evaluaron los parámetros físico-químicos en el tratamiento con mayor aceptación y en el control. Se utilizó un Diseño de Muestras Independientes analizadas a través de una prueba T de estudiante para determinar diferencias. Las tortillas y el PCH cumplieron los criterios microbiológicos. La tortilla con mayor aceptación sensorial fue la que contenía 5% de PCH. La textura de las tortillas no cambió al adicionar PCH. Sin embargo, el análisis de color demostró disminución en luminosidad. El contenido de calcio y magnesio aumentó respectivamente al adicionar PCH. El requerimiento diario de calcio aportado por la tortilla con 5% de PCH incrementó significativamente siendo determinado alimento fortificado. Se recomienda disminuir granulometría del PCH para mejorar aceptación de la tortilla.

Palabras claves: Aporte nutricional, carbonato de calcio, deficiencia de calcio, requerimiento diario, nutrición.

Abstract. Corn tortilla is a food with high consumption in Central America; nevertheless, it has nutritional deficiencies such as low calcium content. A deficiency of this nutrient can cause diseases such as osteoporosis in adults. A solution to this problem is fortified foods. The objective of the study was to develop a calcium-fortified corn tortilla with the addition of eggshell powder (ESP). The study consisted of two phases, first the effect of the addition of 5, 10 and 20% of ESP in the tortilla on a sensory acceptance test was evaluated, a Complete Randomized Block design was used; data was analyzed through an ANDEVA and a DUNCAN mean separation test to determine the best-evaluated treatment. In the second phase, the physicochemical parameters were evaluated in the treatment with the highest acceptance and in the control. A Design of Independent Samples analyzed through a student's T-test was used to determine mean differences. The tortillas and the ESP fulfilled the microbiological criteria. The tortilla with the highest sensory acceptance was the one containing 5% of ESP. The texture of the tortillas did not change when adding ESP. However, the color analysis showed a decrease in luminosity. The content of calcium and magnesium increased respectively when adding ESP. The daily requirement of calcium provided by the tortilla with 5% of ESP increased significantly to being determined as a fortified food. It is recommended to decrease the granulometry of the ESP to improve the acceptance of the tortilla.

Key words: Calcium carbonate, calcium deficiency, daily requirement, nutrition, nutritional contribution.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4. CONCLUSIONES.....	16
5. RECOMENDACIONES.....	17
6. LITERATURA CITADA	18
7. ANEXOS.....	22

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadros	Páginas
1. Formulación de tratamientos de tortilla de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo.....	4
2. Estimación teórica de aporte de calcio aportado por el polvo de cáscara de huevo en los diferentes tratamientos de tortilla de maíz.....	5
3. Resultados de análisis químicos de polvo de cáscara de huevo.....	9
4. Ingredientes (g) utilizados en cada tratamiento de tortilla con cáscara de huevo.....	9
5. Resultados de análisis sensorial en los atributos apariencia, color y olor.....	10
6. Resultados de análisis sensorial en los atributos de sabor, textura y aceptación general	11
7. Resultados de análisis de correlación de cada atributo con la aceptación general de cada tratamiento.	12
8. Análisis de medias independientes para fuerza de corte de tortilla de maíz	13
9. Análisis de medias independientes de los Valores L* a* b* las tortilla de maíz con polvo de cáscara de huevo.....	14
10. Resultado de análisis de cenizas, calcio y magnesio en los tratamientos de tortillas de harina de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo.....	14
11. Comparación de tratamientos en relación con los requerimientos diarios de calcio por cada 100 y 35 g de tortilla.....	15

Figura	Página
1. Proceso de obtención de polvo de cáscara de huevo con granulometría 0.5 mm.	4

Anexos	Páginas
1. Hoja de análisis sensorial	22
2. Etiqueta nutricional de harina de maíz nixtamalizada MASECA®.....	23

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales con mayor demanda en todos los estratos sociales debido a su alto aporte energético en forma de carbohidratos, y por su bajo costo económico. Este cereal forma parte de la dieta de los países latinoamericanos consumido en forma de harina, tortilla, grano, entre otros. A pesar de su alta demanda, no es considerado un alimento de calidad nutricional debido a que presenta deficiencias en el contenido de calcio y algunos aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano, ambos involucrados en el proceso de crecimiento y desarrollo del sistema inmune (Ortiz *et al.* 2017). El contenido de calcio en harinas de maíz es de 11 mg/100g (Dyner *et al.* 2016) lo cual es considerado un aporte insuficiente para cumplir con la ingesta diaria recomendada de 1000 - 1300 mg/día de calcio para personas jóvenes y adultas (NIH 2019). Sin embargo, acorde con Menchú y Méndez (2007) en las tablas de composición de alimentos de Centro América las tortillas de maíz blanco poseen 124 mg de calcio/100 g de tortilla, siendo alto en comparación con la harina de maíz, pero aún presenta un bajo contenido de calcio que no provee el valor diario recomendado.

El calcio es un micronutriente que participa en la formación de la masa ósea, en la protección y control de otras patologías como hipertensión, cáncer y diversas enfermedades degenerativas, así como en la regulación del peso corporal (Ortega *et al.* 2015). La deficiencia de calcio puede provocar deformaciones en la estructura ósea o esqueleto del niño (Serrano y Ramírez 2016) y la osteoporosis en personas adultas (Li *et al.* 2018). En Honduras, la malnutrición es un problema que prevalece con el pasar de los años, esto se puede ver reflejado en la situación nutricional de la comunidad de El Jicarito en el departamento de Francisco Morazán. En esta comunidad un 87.87% de hombres y 63.15% de mujeres presentan deficiencias en la ingesta de calcio y tan sólo 9% de hombres y 15.7% de mujeres cumplen con el requerimiento diario (Fuentes 2016). Así mismo, los niños son afectados por la malnutrición. En el año 2016, Serrano y Ramírez determinaron que 88% de los niños presentan déficit en el consumo de calcio. A pesar de que la leche fluida sea considerada como la principal fuente de calcio al aportar aproximadamente 184 - 201 mg/ 100 kcal (Mennella *et al.* 2016) su valor económico la hace inaccesible a la población que vive en situación de pobreza representando el 65% de la población total en Honduras (INE 2020).

Es necesario encontrar soluciones para suplementar los requerimientos diarios nutricionales por medio de alimentos de alta calidad y económicamente accesibles (Bromage 2016). Los alimentos nutraceuticos son todos aquellos que además del aporte nutricional están orientados a la prevención de enfermedades (Goretta 2017). Acorde con Restrepo *et al.* (2017), los alimentos nutraceuticos pueden clasificarse por su mecanismo de acción, como antioxidantes, antibacterianos, antiinflamatorios, osteo-protectores, entre otras. Diferentes investigaciones se han desarrollado con el fin de evaluar la adición de ciertos compuestos nutritivos en alimentos específicos para tratar determinadas patologías. Esta adición de nutrientes es llamada fortificación. Acorde con el Codex alimentario (1994) se considera un alimento fortificado aquel que se le ha adicionado uno o más nutrientes esenciales con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada en uno o más nutrientes en la población. Además, los alimentos fortificados deben de proveer mejoras relativamente rápidas en el estado nutricional a un costo razonable, también, éste debe de ser consumido en cantidades adecuadas por una gran proporción de la población objetiva (Allen *et al.* 2017).

El huevo es un alimento considerado con alto valor proteico y es consumido por el 63% de la población hondureña aproximadamente tres veces a la semana (EUROSAN 2019). Está conformado por una yema central (31%), albumen o clara (58%) y cáscara (11 - 12%) (Gil *et al.* 2016). Luego que la yema y clara son extraídas del huevo, la cáscara es desechada y consigo aproximadamente 2.2 g de calcio presente en ella (Rodríguez *et al.* 2019). Este calcio está presente en forma de carbonato de calcio (CaCO₃) (Castillo y Ródenas 2017). Dado, su alto contenido de calcio es un subproducto de la industria alimentaria con alto potencial para ser utilizado en la fortificación de alimentos. Además, puede aumentar los valores de este mineral en el alimento generando costos no representativos en su elaboración. La adición de cáscara de huevo ha sido aplicada para aumentar la cantidad de calcio en diferentes alimentos como el yogurt (Pérez *et al.* 2018), en galletas (Hassan 2015; Navarro 2016), pasta fettuccine (Ramírez 2015), entre otros.

En el presente documento se pretende mostrar el proceso de formulación y elaboración de una tortilla de harina de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo con el fin de obtener un alimento fortificado que represente una alternativa a problemas de malnutrición y deficiencias de calcio en la población hondureña, específicamente en la comunidad de El Jicarito, Municipio de San Antonio de Oriente, además, dar un buen uso de las cáscaras de huevo luego de haber cumplido con su objetivo principal. Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Estimar el contenido mineral de la cáscara de huevo de la raza de gallinas “Hyline Brown”.
- Evaluar el efecto de la adición de polvo de cáscara de huevo a la tortilla de harina de maíz nixtamalizada sobre la aceptación sensorial.
- Determinar el aporte de calcio por cada porción de tortilla fortificada al requerimiento diario.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ), los análisis físicos y químicos se elaboraron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ). La elaboración de las tortillas se llevó a cabo en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Todos los análisis se realizaron en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Materiales

Las materias primas que se utilizaron fueron harina de maíz (nixtamalizada, marca MASECA®), cáscaras de huevo (línea de gallinas “Hyline Brown”) obtenidas del Comedor Doris Zemurray Stone, las cuales fueron catalogadas como desechos.

Preparación de la cáscara de huevo

La preparación de la cáscara se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos. Se siguió el método utilizado por Ramírez (2015), adaptados a la investigación. Las cáscaras obtenidas del Comedor Doris Stone fueron lavadas con agua con el objetivo de retirar cualquier sustancia o resto de comida. En seguida, se sumergieron en una solución a 200 ppm de hipoclorito de sodio al 5% por 15 minutos. Posteriormente, se les aplicó tratamiento térmico el cual consistió en la inmersión de la cáscara en agua a 85 ± 2 °C por 10 minutos. Una vez las cáscaras se desinfectaron, se trituraron por medio de acción física ejercidas con las palmas de las manos (Figura 1). Las cáscaras se colocaron en una bolsa plástica para evitar pérdidas y contaminación. Luego, se colocaron en una bandeja de aluminio para crear una capa de 1 cm y se llevaron al horno de convección NAPCO Modelo 360 a 60 °C por 20 horas con el objetivo de retirar todo exceso de agua. Al estar completamente secas, se les aplicó un proceso de molienda haciendo uso de molino CT 190 Cyclotec para obtener una granulometría menor a 0.5 mm. Para asegurar la inocuidad del polvo de cáscaras de huevo, se colocaron en una bandeja de aluminio y se aplicó otro tratamiento térmico a 95 ± 5 °C por 5 minutos en el horno de convección. Como último paso, se empacaron y almacenaron hasta su uso en condiciones inocuas bajo congelación y mínima exposición a la luz solar.

Cáscara de huevo entera



Pre-molido de cáscara de huevo



Molido de cáscara de huevo (0.5 mm)



Figura 1. Proceso de obtención de polvo de cáscara de huevo con granulometría 0.5 mm.

Análisis microbiológicos al polvo de cáscara de huevo

Para asegurar la inocuidad del polvo de las cáscaras de huevo se determinó la ausencia de *Salmonella* spp. Siguiendo el método APHA “Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods”, Capítulo 36 (Cox *et al.* 2013)

Análisis químicos al polvo de cáscara de huevo

Acorde con Pérez *et al.* (2018) los componentes presentes en la cáscara de huevo se deben de determinar a través de diferentes análisis, entre estos, humedad (AOAC 945.15), cenizas (AOAC 923.03), fósforo (AOAC 995.11), calcio y magnesio (ambos por medio del AOAC 985.35).

Formulación de tratamientos

Para la formulación de los diferentes tratamientos se realizaron estimaciones teóricas de aporte de calcio por parte del polvo de cáscaras de huevo añadido a los diferentes tratamientos (Cuadro 1). Cada uno de los tratamientos buscaban aportar un porcentaje significativo del requerimiento diario (RDA) de calcio. Para completar con esta formulación, se utilizaron las Tablas de Composición de Alimentos para Centro América (Menchú y Méndez 2007) con el objetivo de determinar el aporte de calcio de la harina de maíz nixtamalizada para todos los tratamientos.

Cuadro 1. Formulación de tratamientos de tortilla de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo.

Tratamiento	Harina de maíz (%)	Polvo de cáscara de huevo (%)	Total (%)
Control	100	0	100
TRT 1	95	5	100
TRT 2	90	10	100
TRT 3	80	20	100

TRT: Tratamiento.

El peso total del huevo es de aproximadamente 60 g, alrededor del 11 al 12% del peso está representado por la cáscara. De tal forma que el peso de la cáscara es de aproximadamente de 7.2 g (Valdés 2009). Castillo y Ródenas (2017) determinaron que sólo el 32% del peso de la cáscara o 2.3 g es calcio. En base a la cantidad teórica de aporte de calcio se realizaron los cálculos para estimar los mg de calcio aportado por cada tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación teórica de aporte de calcio aportado por el polvo de cáscara de huevo en los diferentes tratamientos de tortilla de maíz.

Tratamiento	Peso de tortilla (g)	Peso de PCH (g)	Calcio aportado (mg)
100% HMN 0% PCH		0	3.85
95% HMN 5% PCH	35	1.75	563.85
90% HMN 10% PCH		3.50	1123.85
80% HMN 20% PCH		7.00	2243.85

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

Elaboración de tortillas

Las tortillas fueron elaboradas en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Todos los ingredientes se pesaron en la balanza analítica Ranger 3000 modelo R31P3. La harina se colocó en un recipiente donde se mezcló con el polvo de cáscara de huevo y agua hasta que se logró una consistencia firme y manejable. Una vez la masa estuvo lista se separó en porciones de 40 ± 2 g y se colocaron en una tortillera manual para aplicar presión sobre la masa y lograr un diámetro de 15 ± 2 cm de diámetro. Cada tortilla se colocó en una plancha para lograr su cocción, aproximadamente a 230 °C por 2 minutos. Luego de ser cocidas las tortillas se colocaron en una hielera térmica.

Análisis microbiológicos de las tortillas

Para verificar la inocuidad de las tortillas acorde con el Reglamento Técnico Centroamericano (2009) se realizaron pruebas para la determinación de presencia/ausencia de *Escherichia coli*. Se siguieron las directrices planteadas en el capítulo 9 del “Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods” (Kornacki *et al* 2013) para su respectiva determinación.

Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial afectivo de aceptación en el cual, se usó una escala hedónica de nueve puntos, donde uno significaba me disgusta extremadamente, el cinco ni me gusta ni me disgusta y el nueve me gusta extremadamente. Se contó con la participación de 100 panelistas no entrenados los cuales evaluaron los siguientes atributos: apariencia, color, olor, sabor, textura, y aceptación general. El análisis se llevó a cabo en el Centro Estudiantil Smith-Falck de Zamorano. Las tortillas se elaboraron con una hora de anticipación. Cada tortilla se cortó en cuatro piezas y se presentó una pieza de cada tratamiento más el control a cada panelista, cada una de las muestras se codificó de manera aleatoria para disminuir la posibilidad de sesgo en la evaluación.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para el análisis microbiológico no se utilizó ningún diseño experimental debido a que no se realizaron repeticiones de las muestras, sólo se hicieron triplicados de cada uno. Así mismo, en los análisis químicos de la cáscara de huevo sólo se realizaron triplicados para determinar la presencia de los minerales. Por otro lado, en el análisis sensorial se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro tratamientos y 100 repeticiones con un total de 400 unidades experimentales. Para determinar el tratamiento con mayor aceptación por parte de los panelistas se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA), y una separación de medias DUNCAN con una probabilidad $P < 0.05$ para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Además, se realizó una Correlación de Pearson entre los atributos evaluados con la aceptación general. Los datos fueron analizados con el programa “Statistical Analysis System” (SAS®) versión 9.6.

Análisis físico químico

Tanto al tratamiento control como el tratamiento con la mayor aceptación sensorial por parte de los panelistas se les realizaron los análisis físicos y químicos.

Análisis de textura

La textura se midió por medio de la fuerza de corte de la tortilla expresada en Newton, para el cual se usó el Texturómetro de Brookfield CT3 (ASTM 83). El ensamble utilizado fueron los ganchos para extensión. Las tortillas se cortaron en tiras de 10×2 cm. Se usó una distancia de 10 mm y una velocidad de 0.5 mm/s.

Análisis de color

Para la medición del color de las tortillas se utilizó el colorímetro Color Flex Hunter $L^*a^*b^*$ siguiendo los pasos estipulados en el método AN 1018.00. Los valores a utilizados fueron: L= 0 el cual indica negro y 100 blanco; a= + (rojo) y - (verde); b= + (amarillo) y - (azul). La escala utilizada fue CIELAB $L^*a^*b^*$.

Análisis de humedad

La determinación de humedad se realizó en base seca (g sólidos/100g de tortilla) siguiendo los lineamientos del protocolo AOAC 945.15/950.46B.

Análisis de calcio y magnesio

La cuantificación de calcio y magnesio presente en las tortillas se utilizó el método AOAC 985.35 para ambos, los cuales se determinaron con el principio de espectrofotometría de absorción atómica con llama.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del tratamiento con mayor aceptación sensorial y el tratamiento control fueron analizados por medio de un diseño de muestras independientes a través de una Prueba t de estudiante. Se utilizó una probabilidad $P < 0.05$ para determinar diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento. Esto se realizó por medio del programa “Statistical Analysis System” (SAS®) versión 9.6.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológicos del polvo de la cáscara de huevos

Los datos obtenidos en el análisis determinaron ausencia de *Salmonella* spp en 25 g de muestra. Estos resultados indican el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano (2009) el cual establece la ausencia del patógeno en 25 g del alimento. La temperatura máxima a la cual sobrevive la *Salmonella* es a 46 °C y para su eliminación se debe de aplicar temperaturas mayores a 70 °C o temperaturas de cocción (Elika 2019). Los resultados obtenidos indican que las temperaturas aplicadas en el proceso de obtención del polvo de la cáscara de huevo fueron óptimas y eliminaron el patógeno.

Análisis químicos al polvo de cáscara de huevo

Humedad de la cáscara de huevo. La humedad de la cáscara de huevo es aproximadamente de 1.6 g/100 g o 1.6% (Fernández 2000). Sin embargo, Pérez *et al* (2018) en su estudio demostraron que el contenido de humedad en la cáscara de huevo puede ser menor a 1 g/100 g al obtener 0.64 g/100 g el cual es similar al resultado obtenido de 0.30 g/100g. La diferencia de humedad se pudo dar debido al proceso aplicado para la obtención del polvo de cáscara de huevo, específicamente a la etapa de secado, dado a que factores como la velocidad del aire, la temperatura y el tiempo pudieron haber excedido los rangos influyendo sobre el porcentaje de humedad retirada (Gallego 2006). La humedad de un alimento que puede influir en las propiedades reológicas y su estabilidad (Arevalo 2017). Cuando un alimento posee baja humedad una de las principales propiedades influenciada es la fuerza de corte. A mayor humedad menor fuerza de corte y viceversa (Ghodki y Goswami 2016). Por lo tanto, la cáscara de huevo al tener baja humedad, su fuerza de corte es superior. Si la cáscara de huevo es agregada a un alimento, en este caso tortilla de maíz, afectará en su dureza.

Minerales de la cáscara de huevo. La cáscara de huevo está conformada en su mayoría de minerales (98.4%), del cual 98% está representado por CaCO₃ (Carbonato de Calcio), 1% de MgCO₃ (Carbonato de Magnesio) y 1% de CaHPO₄ (Fosfato Di cálcico) (Castillo y Ródenas 2017). En el Cuadro 3, se muestra que la cantidad de minerales determinados en el polvo de la cáscara de huevo fue de 95.09 g/100g, iguales resultados fueron reportados por Fernández (2000) (95.1g/100g).

Calcio. Los huevos pesan aproximadamente 60 g, alrededor del 12% está representado por la cáscara, el cual es 7.2 g (Valdés 2009). De los 7.2 g de cáscara de huevo 2.3 g (32 g/100 g de la cáscara) es calcio (Castillo y Ródenas 2017). Los resultados obtenidos en el Cuadro 3 presentan menor cantidad de calcio en 100 g que lo reportado por Castillo y Ródenas (2017), ya que solo se obtuvieron 23.37 g/100 g, lo cual representa 8.63 g menos. La menor cantidad de calcio presente en el polvo de cáscara de huevo pudo ser causado por diferentes factores como la edad de la gallina, genética, factores de estrés, sistemas de producción y principalmente la dieta (Rojas 2017). El calcio proviene de la dieta suplementada, éste es depositado sobre la membrana que contiene la clara y la yema gracias a la absorción intestinal la cual aumenta el doble en el proceso de formación del huevo (Jones 2010).

Fósforo y magnesio. En cuanto a los resultados de fósforo cumplen con lo reportado por Pérez *et al* (2018). El magnesio determinado en el polvo de cáscara de huevo fue de 0.26 g/100 g siendo esta la misma cantidad determinada por Hassan (2015). Sin embargo, es un valor relativamente alto lo cual se pudo deber a la edad de las gallinas, Cusack *et al.* (2017) reportaron que el contenido de magnesio fue mayor en las gallinas con mayor edad comparadas con las de menos edad.

Cuadro 3. Resultados de análisis químicos de polvo de cáscara de huevo.

Parámetros	Cantidad (g/100g)	C.V%
	Media ± D.E	
Humedad	0.30 ± 0.001	0.55
Minerales	95.09 ± 0.061	0.06
Calcio	23.37 ± 0.710	3.04
Magnesio	0.26 ± 0.102	4.11
Fósforo	0.01 ± 0.035	2.38

C.V: Coeficiente de Variación.

D.E: Desviación Estándar.

Elaboración de las tortillas

El polvo de cáscara de huevo utilizado en las tortillas presentó una granulometría menor a 0.5 mm, se mezcló homogéneamente con la harina de maíz. El peso final de las tortillas con los distintos tratamientos fue de 35 ± 3 g (Cuadro 4). Los pesos utilizados para el polvo de cáscara de huevo fueron los que se estimaron en el Cuadro 2.

Cuadro 4. Ingredientes (g) utilizados en cada tratamiento de tortilla con cáscara de huevo.

Tratamientos	Harina de maíz (g)	Cáscara de huevo en polvo (g)	Total (g)
100% HMN 0% PCH	35.00	0	35
95% HMN 5% PCH	33.25	1.75	35
90% HMN 10% PCH	31.50	3.50	35
80% HMN 20% PCH	28.00	7.00	35

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

Análisis microbiológico de las tortillas

Los coliformes totales pertenecen al grupo de microorganismos indicadores de inocuidad de los alimentos (Calle 2016). Los resultados de detección de Coliformes totales y *E. coli* mostraron ausencia en un gramo de alimento (< 10 UFC/g) lo que cumple con lo establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (2009). La ausencia de coliformes y *E. coli* obtenida indica que durante el proceso de elaboración de tortillas no ocurrió ningún tipo de contaminación, tanto del agua utilizada como de los ingredientes manipulados por las personas (Campuzano *et al.* 2015).

Así mismo, la ausencia indica que la temperatura de cocción de tortillas (~200 °C/ min) fueron óptimas al sobrepasar la temperatura máxima de crecimiento de 65 °C (ELIKA 2013).

Análisis sensorial

En los resultados del análisis sensorial las tortillas fueron evaluadas con un puntaje entre 4 a 8 siendo estos me disgusta poco a me gusta mucho, respectivamente.

Apariencia, color y olor

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos y el control en los atributos de apariencia, color y olor ($P < 0.05$). Estadísticamente el Tratamiento Control (100% HMN 0% PCH) y el Tratamiento 1 (95% HMN 5% PCH) obtuvieron las medias más altas en las tres variables, catalogándolas como los mejores tratamientos, sus puntuaciones promedio fueron de 7 a 8, lo cual indican “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” (Cuadro 5). Sin embargo, el Tratamiento 3 (80% HMN 20% PCH) obtuvo la media más baja recibiendo 5 a 6 lo que indica ni me gusta/ ni me disgusta y me gusta poco. Por lo tanto, se puede afirmar que a medida el contenido de polvo de cáscara de huevo aumenta en la formulación, la aceptación de los panelistas disminuye.

Cuadro 5. Resultados de análisis sensorial en los atributos apariencia, color y olor.

Tratamientos	Apariencia	Color	Olor
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
100% HMN 0% PCH	7.93 \pm 1.07 ^A	7.93 \pm 1.15 ^A	7.31 \pm 1.27 ^A
95% HMN 5% PCH	7.32 \pm 1.26 ^B	7.41 \pm 1.16 ^B	7.12 \pm 1.36 ^A
90 % HMN 10% PCH	6.51 \pm 1.73 ^C	6.66 \pm 1.51 ^C	6.54 \pm 1.82 ^B
80% HMN 20% PCH	5.71 \pm 1.92 ^D	5.80 \pm 1.80 ^D	5.93 \pm 1.97 ^C
C.V%	20.78	20.41	22.55

Media con letras mayúsculas diferentes (A-D) en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Valores de escala hedónica. 1: Me disgusta extremadamente; 2: Me disgusta mucho; 3: Me disgusta moderadamente; 4: Me disgusta poco; 5: Ni me gusta/ Ni me disgusta; 6: Me gusta poco; 7: Me gusta moderadamente; 8: Me gusta mucho; 9: Me gusta extremadamente

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

C.V: Coeficiente de Variación.

D.E: Desviación Estándar.

Tanto la apariencia como el color forman parte de los atributos más importantes en la evaluación sensorial debido a que pueden ser percibidos por la vista del panelista (Zamora 2007). La apariencia de un alimento juega un rol determinante en la aceptación antes de que este toque los labios (Sharif *et al.* 2017). El olfato es uno de los sentidos más sensibles del cuerpo, capaz de detectar alrededor de 10,000 olores (Manfugás 2007). Gracias al olfato el panelista posee la capacidad de discriminación sobre el olor de un alimento haciéndolo capaz de detectar trazas de olores en un

alimento. Por lo tanto, la aceptación de un alimento será influenciada por cualquier cambio en el olor de este. La baja aceptación de ni me gusta/ ni me disgusta en los tratamientos con 10% y 20% de polvo de cáscara de huevo se pudo dar por el leve olor a huevo detectado por los panelistas, resultados que concuerdan con los obtenidos por Navarro (2016). Así mismo, la apariencia en los tratamientos con mayor porcentaje de polvo de cáscara de huevo (10 y 20%) obtuvo evaluaciones bajas dado al color oscuro y apariencia similar con tortillas integrales detectados por los panelistas.

Sabor, textura y aceptación general

Las variables evaluadas en los cuatro tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas en cada una ($P < 0.05$). El Tratamiento Control (100% HMN 0% PCH) y el Tratamiento 1 (95% HMN 5% PCH) obtuvieron las medias más altas de 6 a 8 siendo estas me gusta poco y me gusta mucho (Cuadro 6). El tratamiento con la media más baja fue el Tratamiento 3 (80% HMN 20% PCH) con una media promedio de 4 a 5 siendo estos Me disgusta poco y Ni me gusta/ ni me disgusta.

Cuadro 6. Resultados de análisis sensorial en los tributos de sabor, textura y aceptación general.

Tratamientos	Sabor	Textura	Aceptación general
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
100% HMN 0% PCH	7.49 \pm 1.37 ^A	7.58 \pm 1.33 ^A	7.75 \pm 1.05 ^A
95% HMN 5% PCH	6.37 \pm 1.95 ^B	6.21 \pm 1.98 ^B	6.64 \pm 1.70 ^B
90 % HMN 10% PCH	5.49 \pm 2.00 ^C	5.38 \pm 1.94 ^C	5.85 \pm 1.68 ^C
80% HMN 20% PCH	4.50 \pm 2.28 ^D	4.42 \pm 2.25 ^D	4.80 \pm 1.98 ^D
C.V%	31.47	30.27	26.15

Media con letras mayúsculas diferentes (A-D) en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Valores de escala hedónica. 1: Me disgusta extremadamente; 2: Me disgusta mucho; 3: Me disgusta moderadamente; 4: Me disgusta poco; 5: Ni me gusta/ Ni me disgusta; 6: Me gusta poco; 7: Me gusta moderadamente; 8: Me gusta mucho; 9: Me gusta extremadamente

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

C.V: Coeficiente de Variación.

D.E: Desviación Estándar.

La percepción del sabor de determinados alimentos está compuesta por la combinación de tres propiedades: aroma, gusto y textura (UPAEP 2014). Esta percepción la realiza principalmente la lengua en la que participan un conjunto de células llamadas Células Receptoras del Sabor (TCR por sus siglas en inglés) encargadas de percibir los diferentes sabores de un alimento, dulce, umami, ácido, salado y amargo (Zaragoza 2018). Además, la textura es otro atributo determinante en la aceptación de un alimento por parte de los panelistas (Talens 2017). Los bajos resultados en el atributo textura en el tratamiento con 20% de polvo de cáscara de huevo se debe a sensación a arena o grumosa percibida. Así mismo, en el atributo sabor los panelistas indicaron una leve percepción de sabor a huevo en las tortillas, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ramírez en el 2015. También, Hassan en el 2015 reportó que en alimentos con porcentajes mayores

al 6% de polvo de cáscara de huevo la aceptación general disminuye concordando así con los resultados obtenidos en el cuadro 6, donde, con porcentajes de 10 y 20% la evaluación fue ni me gusta/ ni me disgusta y me disgusta poco.

Análisis de correlación

En el Cuadro 7 se muestra el grado de relación entre los atributos evaluados y la aceptación general de los cuatro tratamientos. De manera general, los atributos con los valores de correlación más altos fueron sabor y textura. Esto indica que, estos atributos están fuertemente relacionados con la aceptación general de este producto causando evaluaciones positivas, así como evaluaciones negativas. En el tratamiento control (100% HMN 0% PCH) se establece que, a medida las variables sabor y textura aumentan la aceptación general será mayor, indicando una relación alta positiva entre estos atributos. De igual manera, en el tratamiento 95% HMN 5% PCH los atributos sabor y textura influenciaron positivamente en la evaluación general. Esto significa que, al añadir 5% de PCH genera una relación alta positiva en los atributos sabor y textura con la aceptación general. Sin embargo, en los tratamientos 90% HMN 10% PCH y 80% HMN 20% PCH la adición de esos porcentajes de PCH influyeron negativamente, generando un impacto negativo en los atributos sabor y textura. La relación de ambos atributos fue alta, pero, causaron un efecto negativo en la aceptación general. Ambos tratamientos obtuvieron las medias más bajas en el análisis sensorial, lo cual comprueba el efecto negativo de la adición de 10 y 20% de PCH. Esto se debe a que los panelistas fueron capaces de percibir una textura arenosa y un olor a huevo en ambas tortillas.

Cuadro 7. Resultados de análisis de correlación de cada atributo con la aceptación general de cada tratamiento.

Tratamientos	Correlación				
	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
100% HMN 0% PCH	0.57053 <.0001	0.55107 <.0001	0.39279 <.0001	0.71053 <.0001	0.76640 <.0001
95% HMN 5% PCH	0.35013 0.0004	0.40633 <.0001	0.43850 <.0001	0.86296 <.0001	0.72399 <.0001
90 % HMN 10% PCH	0.53678 <.0001	0.53793 <.0001	0.46974 <.0001	0.81373 <.0001	0.76154 <.0001
80% HMN 20% PCH	0.53112 <.0001	0.55686 <.0001	0.62520 <.0001	0.76337 <.0001	0.82728 <.0001

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

Análisis de textura

Los resultados obtenidos en el análisis de fuerza de corte aplicados al tratamiento con mayor aceptación (95%HMN 5%PCH) y al control no mostraron diferencias significativas obteniendo una $P > 0.05$ (Cuadro 8). Esto indica que no hay diferencia en la fuerza de corte al utilizar 0 o 5% de polvo de cáscara de huevo en la tortilla de harina de maíz nixtamalizada.

Cuadro 8. Análisis de medias independientes para fuerza de corte de tortilla de maíz.

Tratamientos	Fuerza de corte (N)
	Media \pm D.E
100% HMN 0% PCH	7.23 \pm 0.82
95% HMN 5% PCH	10.23 \pm 1.39
Probabilidad	0.0586
C.V%	16.97

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

C.V: Coeficiente de Variación.

D.E: Desviación Estándar.

Los resultados de fuerza de corte obtenidos son similares a los obtenidos por Gasca y Casas (2007) en el análisis de textura de tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada presentando una fuerza de corte máxima de 19.302 ± 0.465 N y mínima de 4.493 ± 0.330 N. Acorde con Diaz *et al* (2018) la fuerza de masticación mandibular promedio va desde 588 a 686 N, por lo tanto, la fuerza requerida para cortar las tortillas con polvo de cáscara de huevo es mínima definiéndola como suave. Además, los productos derivados de harinas deben de poseer una textura suave y esponjosa que resulte agradable para el consumidor ya que la textura representa un tributo importante de calidad de un producto en la que influirá en la aceptación por el consumidor (Puma y Núñez 2018). Sin embargo, en un estudio realizado por Hassan (2015), se demostró que al adicionar más de un 6% de polvo de cáscara de huevo a los alimentos, aumenta la fuerza de corte. El cual no es el caso de los tratamientos evaluados, ya que no se adicionó más del 6% de polvo de cáscara de huevo.

Análisis de color

En el valor L^* se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) denotando así que el tratamiento de 95% HMN 5% PCH posee menos luminosidad comparado con el tratamiento de 100% HMN 0% PCH. En cuanto a los valores a^* y b^* no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

El valor L^* indica la luminosidad o claridad de un alimento, puede tomar valores de 0 a 100 los cuales significan totalmente oscuro/negro y totalmente claro/blanco respectivamente (Rettig y Ahhen 2014). La luminosidad de la tortilla de maíz disminuyó al agregar 5% de polvo de cáscara de huevo obteniendo un valor L^* de 69.12 ± 0.82 el cual es menor comparado a los valores obtenidos por Vázquez *et al.* (2011) siendo este de aproximadamente $L^* = 74.6$. El valor b^* determinado en este análisis (cuadro 9) se asemeja a los encontrados en un estudio realizado por Ortega (2010) obteniendo para el valor $b^* = 21.60 \pm 0.00$. Sin embargo, en el valor a^* de 1.4 ± 0.01 determinado por Ortega (2010) se muestra una leve diferencia con respecto a los obtenidos en este análisis (Cuadro 9). La adición de minerales a un alimento no debe generar ningún cambio en su color ya que estos en su totalidad son claras e incoloras (Allen *et al.* 2017). Sin embargo, la disminución en la claridad de la tortilla se dio por los pigmentos marrones llamados porfirinas presentes en gran cantidad en la cáscara de huevo de las gallinas “Hyline Brown” (Instituto de Estudio del Huevo 2009).

Cuadro 9. Análisis de medias independientes de los Valores L* a* b* las tortilla de maíz con polvo de cáscara de huevo.

Tratamientos	L*	a*	b*
	Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
100% HMN 0% PCH	72.58 ± 0.19	2.09 ± 0.17	22.05 ± 0.70
95% HMN 5% PCH	69.12 ± 0.82	2.19 ± 0.07	20.61 ± 0.45
Probabilidad	0.01	0.49	0.07
C.V%	1.03	7.67	3.42

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

D.E: Desviación Estándar.

C.V: Coeficiente de Variación.

Análisis químicos de la tortilla

Los contenidos de cenizas, calcio y magnesio mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). El tratamiento 95% HMN 5% PCH obtuvo una media más alta en comparación con el tratamiento 100% HMN 0% PCH lo que indica mayor cantidad de cenizas, calcio y magnesio en las tortillas con polvo de cáscara de huevo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultado de análisis de cenizas, calcio y magnesio en los tratamientos de tortillas de harina de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo.

Tratamientos	Cenizas (g/ 100 g)	Calcio (g/ 100 g)	Magnesio (g/ 100 g)
	Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
100%HMN 0% PCH	1.35 ± 0.09	0.24 ± 0.0003	0.051 ± 0.0021
95% HMN 5% PCH	4.24 ± 0.14	1.01 ± 0.0139	0.057 ± 0.0003
Probabilidad	<0.0005	<0.0005	0.0207
C.V%	5.28	1.92	3.43

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

D.E: Desviación Estándar.

C.V: Coeficiente de Variación.

En un estudio realizado por Navarro (2016) sobre la elaboración de galletas de quínoa y amaranto con adición de un 2% de cáscara de huevo se encontró un aumento en el contenido de calcio en los diferentes tratamientos debido a que a mayor contenido de harina de maíz nixtamalizada mayor contenido de calcio, sin embargo, no hubo aumento de contenido de calcio por la adición de cáscara de huevo. En base a los resultados de calcio de este estudio (cuadro 10) se pudo determinar que el aumento de calcio en el tratamiento 95% HMN 5% PCH se debió a la adición del polvo de cáscara de huevo ya que esta aporta un 23% de calcio (Cuadro 3). En el tratamiento 95% HMN 5% PCH se observó un aumento de casi cuatro veces en el contenido de cenizas en la tortilla debido a la

adición del 5% de polvo de cáscara de huevo, ya que la cáscara está compuesta por un 95.1% de minerales (Hernández 2015). En los resultados de magnesio se observó un aumento estadísticamente significativo de 0.006 g. El aumento de magnesio en los tratamientos no fue tan grande porque la cáscara de huevo sólo está formada por el 1% de magnesio, el contenido en la cáscara depende de la edad del ave, a mayor edad mayor contenido de magnesio (Cusack *et al.* 2003).

Un alimento es considerado fuente, adicionado, enriquecido o fortificado cuando contiene más del 15% del valor diario de calcio por cada 100 g de alimento (RTCA 2010). El tratamiento 95% HMN 5% PCH aporta el 28% del valor diario por cada porción de 35 g (Cuadro 11). Por lo tanto, para suplir el requerimiento diario de calcio se deben de consumir aproximadamente 4 tortillas de 35 g, reduciendo la cantidad de tortillas sin adición de calcio a ser consumidas, de las cuales se necesitan aproximadamente 16 tortillas para suplir el requerimiento diario.

Cuadro 11. Comparación de tratamientos en relación con los requerimientos diarios de calcio por cada 100 y 35 g de tortilla.

Tratamientos	RDA	Mg calcio/ 100 g tortilla	%RDA/ 100 g	Mg calcio/ 35 g tortilla	%RDA/ 35 g
100%HMN 0% PCH	1300	240.00 ± 0.0003	20	80.00 ± 0.0003	7
95% HMN 5% PCH	mg	1010.00± 0.0139	80	336.67± 0.0139	28

HMN: Harina de Maíz Nixtamalizada.

PCH: Polvo de Cáscara de Huevo.

D.E: Desviación Estándar.

RDA: Requerimiento Diario (9-35 años).

3. CONCLUSIONES

- Los minerales presentes en la cáscara de huevo con mayor porcentaje fueron el calcio, magnesio y fósforo, respectivamente.
- La aceptación sensorial de las tortillas fue afectada negativamente al adicionar más de un 5% de polvo de cáscara de huevo a la formulación.
- Una tortilla de maíz con 5% de polvo de cáscara de huevo aporta más del 25% del requerimiento diario de calcio, por lo tanto, es considerado como un alimento fortificado.

4. RECOMENDACIONES

- Disminuir la granulometría (< 0.5 mm) del polvo de cáscara de huevo para evaluar la aceptación de la textura de la tortilla.
- Evaluar el contenido de calcio y fósforo en la cáscara de huevo de las gallinas raza “Hyline White” para determinar diferencias con respecto al contenido encontrado en las cáscaras de huevo.
- Adicionar porcentajes menores del 5% de polvo de cáscara de huevo en la tortilla de maíz para determinar la cantidad total de tortillas necesaria para cumplir con el requerimiento diario de calcio.
- Reevaluar sensorialmente la tortilla con polvo de cáscara de huevo utilizándola como un vehículo de otro alimento principal para determinar el efecto en la aceptación del panelista.
- Realizar un lavado profundo a las cáscaras de huevo para eliminar cualquier resto de huevo que pueda afectar sobre las características sensoriales.

5. LITERATURA CITADA

- Allen, L. Benoist, B. Dary, O. Hurrell, R. 2017. Guía para la fortificación de alimentos con macronutrientes: Capítulo 2. Fortificación de alimentos: principios básicos. 416 p. ISBN: 978-92-4-359401-9.
- Arevalo, S. 2017. Agua en los alimentos. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad nacional de la amazonia peruana. 64 p.
- Bromage, S. Ahmed, T. Fawzi, W. 2016. Calcium deficiency in Bangladesh: burden and proposed solutions for the first 1000 days. *Food Nutr Bull.* 37(4):475–493. eng. doi:10.1177/0379572116652748.
- Calle, E. 2016. Calidad microbiológica de alimentos elaborados a base de maíz y harina de trigo en la fábrica delicias mexicanas DELMEXS de la ciudad de Cuenca. [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad de cuenca. 65 p.
- Campuzano, S. Mejía, D. Madero, C. Pabón, P. 2015. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá DC. *13(23):81–92.*
- Castillo, R. Ródenas, J. 2017. Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina: Analysis of the alterations of the hen's egg shell. *Nereis: revista Iberoamericana interdisciplinaria de métodos, modelización y simulación.* 10:137–147.
- Codex alimentario. 1994. Métodos de análisis y muestreo. Comisión del codex alimentario. Vol 4. 2^{da} edición.
- Cox, N. Frye, J. McMahon, W. Jackson, C. Richardson, J. Cosby, D. Mead, G. Doyle, M, editor. 2013. Compendium of methods for the microbiological examination of foods: Chapter 36: salmonella. ISBN: 0090-0036.
- Cusack, M. Fraser, A. Stachel, T. 2017. Magnesium and phosphorus distribution in the avian eggshell. Elsevier Science Inc. 134:63–69.
- Diaz, A. Taron, A. Bustillo, J. Camacho, A. García, R. Parra, J. 2018. Evaluación de la dureza de diversos alimentos. *Revista cubana estomatol.* 55(1):3–6.
- Dyner, L. Cagnasso, C. Ferreyra, V. Pita M. Apro, N. Olivera, M. 2016. Contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros. *50(3):435–443.*
- ELIKA. 2013. Escherichia coli [internet]. España: fundación vasca para la seguridad agroalimentaria; [consultado el 22 de jun. de 2020] http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento84/3.Ecoli.pdf.
- ELIKA. 2019. Salmonella [internet]. España: fundación vasca para la seguridad agroalimentaria; [consultado el 25 de jun. de 2020]. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/salmonella/>

- EUROSAN. 2019. Estudios y diagnósticos específicos sobre la situación de seguridad alimentaria y nutricional, República de Honduras. 5–10.
- Feng, P. Weagant, S. Grant, M. Burkhardt, W. 2017. Bacteriological analytical manual: Chapter 4: enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. 8^a ed.
- Fernández, M. Arias, J. 2000. La cáscara de huevo: un modelo de la bio-mineralización. 20:4–5.
- Fuentes, J. 2016. Riesgo nutricional en Honduras: ¿epidemia de síndrome metabólico?: Estado nutricional y síndrome metabólico en adultos mayores de El Jicarito. 74–76.
- Gallego, C. 2006. Diseño de un horno por convección forzada para la deshidratación de frutas y hortalizas. [Tesis de pregrado]. Colombia: Universidad autónoma de occidente. 188p.
- Gasca, M. Casas, A. 2007. Adición de harina de maíz nixtamalizada a masa fresca de maíz nixtamalizada: efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de ingeniería química*. 6(3):317–328.
- Ghodki, B. Goswami, T. 2016. Effect of moisture on physical and mechanical properties of cassia. *Cogent Food & Agriculture*. 2(1):37. doi:10.1080/23311932.2016.1192975.
- Gil, P. Barroeta, A. Garcés, C. 2016. El huevo como alimento funcional y sus componentes. *Sitio Argentino de producción animal*. 1–6.
- Goretta J. 2017. Alimentos nutraceuticos, el futuro de las ganaderías del NEA [internet]. Argentina: [sin editorial]; [consultado el 27 de may. de 2020]. https://medios.unne.edu.ar/index.php?option=com_k2&view=item&id=738:alimentos-nutraceuticos-el-futuro-de-la-ganaderia-del-nea&Itemid=128&lang=es.
- Hassan N. 2015. Chicken eggshell powder as dietary calcium source in biscuits. *World journal of dairy & food sciences*. 10(2):200–203. doi:10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.2.1152.
- Hernández M. 2015. Aplicaciones del estudio de la ultra-estructura y composición de la cáscara de los huevos de quebrantahuesos ("*Gypaetus barbatus*") en la conservación de la especie [Tesis doctoral]. España: Universidad complutense de Madrid. 189 p.
- Instituto de estudio del huevo. 2009. El gran libro del huevo: formación y estructura del huevo. First edition. Madrid (España): Editorial everest, S.A. 168 p. ISBN: 978-84-441-0208-5.
- Instituto Nacional de Estadística. 2020. Revisión de la metodología para medir la pobreza monetaria en Honduras. 44 p.
- Jones, D. Musgrove, T. Anderson, K. Thesmar, H. 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poult Sci*. 89(3):582–587. eng. doi:10.3382/ps.2009-00315.
- Kornacki, J. Gurtler, J. Stawick, B. 2013. Compendium of methods for microbiological examination of foods. Chapter 9: Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. Doi: 10.2105/MBEF.0222.014.
- Li, K. Wang, X. Li, D. Chen, Y. Zhao, L. Liu, X. Guo, Y. Shen, J. Lin, X. Deng, J. Zhou, R. Deng, H. 2018. The good, the bad, and the ugly of calcium supplementation: a review of calcium intake on human health. *Clin Interv Aging*. 13:2443–2452. eng. doi:10.2147/CIA.S157523.
- Menchú, T. Méndez, H. 2007. Tabla composición de alimentos de Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). 17–20.

- Manfugás, J. 2007. Evaluación Sensorial de los Alimentos: El sabor y el sentido del gusto. [sin lugar]: [sin editorial]. 129 p. ISBN: 978-959-16-0539-9.
- Mennella, J. Trabulsi, J. Papas, M. 2016. Effects of cow milk versus extensive protein hydrolysate formulas on infant cognitive development. *Amino Acids*. 48(3):697–705. eng. doi:10.1007/s00726-015-2118-7.
- Nielsen, S. 2017. Food analysis. 5th edition. United States: Springer International Publishing. 647 p. ISBN: 978-3-319-45774-1.
- [NIH] National Institutes of Health. 2019. Calcium fact sheet for consumers. Office of dietary supplements. 2–4.
- Navarro, Y. 2016. Desarrollo de galletas a base de harina de maíz (*Zea mays*) y quínoa (*Chenopodium quinoa*) con adición de cáscara de huevo en polvo. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 38 p.
- Ortega E. 2010. Desarrollo y evaluación y físico de tortillas de maíz con Loroco (*Fernaldia Pandurata*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 32 p.
- Ortega, R. Jiménez, A. López, A. 2015. El calcio y la salud. *Nutrición Hospitalaria*. 31 Suppl 2:10–17. spa. doi:10.3305/nh.2015.31.sup2.8677.
- Ortiz, M. Otero, J. Serna, S. García, S. 2017. Antioxidant activity and characterization of protein fractions and hydrolysates from normal and quality protein maize kernels. *Journal of Cereal Science*. 76:85–91. doi:10.1016/j.jcs.2017.05.021.
- Pérez, G. Guzmán, J. Durán, K. Ramos, J. Acha, V. 2018. Aprovechamiento de las cáscaras de huevo en la fortificación de alimentos. *Revista ciencia, tecnología e innovación*. 16(18):29–38.
- Puma, G. Núñez, C. 2018. Determinación del perfil de textura sensorial de dos muestras experimentales de hot-dog de pollo (*Gallus gallus*) obtenidas por ingeniería kansei tipo II. *Anales científicos*. 79(1):210–217. doi:10.21704/ac.v79i1.1165.
- Ramírez, A. 2015. Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo. [tesis] Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 51 p;
- Restrepo, C. Estrada, H. Saumett, H. 2017. Nutraceuticos y alimentos funcionales: una revisión de oportunidades. 141–178.
- Rettig, M. Ah-Hen, K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *agrosur*. 42(2):57–66. doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07.
- Rodríguez, V. Humberto, J. Bravo, H. Adolfo, G. 2019. El Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cascara del huevo. *Revista colombiana de ciencia animal*. 11(2):719. doi:10.24188/recia.v11.n2.2019.719.
- Rojas, J. 2017. Pasantía internacional en la universidad federal rural de pernambuco Brasil. [sin lugar]: Universidad pedagógica y tecnología de Colombia. 53 p.
- [RTCA] Reglamento Técnico Centroamericano. 2009. Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad. 20–24.

- [RTCA] Reglamento Técnico Centroamericano. 2009. Alimentos: criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 22–23.
- Serrano, A. Ramirez, C. 2016. Evaluación nutricional, actividad física y consumo de alimentos en escolares de El Jicarito, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 50 p.
- Sharif, M. Sadiq, M. Sharif, H. Nasir, M. 2017. Sensory evaluation and consumer acceptability. 363–367.
- Talens, O. 2017. Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. España: Universidad politécnica de valencia. 5–6.
- Tapia, Y. 2016. Desarrollo de galletas a base de harina de maíz (*Zea mays*) y quínoa (*Chenopodium quinoa*) con adición de cáscara de huevo en polvo [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 38 p;
- [UPAEP] Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. 2014. Análisis sensorial. 1ª edición. 76 p.
- Valdés, F. 2009. La cáscara de huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. Cuba: Revista cubana alimentación y nutrición. 84–102.
- Vázquez, M. Ávila, G. Hernández, A. Castillo, J. Angulo, O. 2011. Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y empacadas. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2(1):161–167.
- Vinuesa, P. 2016. Correlación: teoría y práctica [internet]. México: Centro de ciencias genómicas; [consultado el 17 de abr. de 2020]. https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf.
- Zamora, E. 2007. Evaluación objetiva de la calidad sensorial de alimentos procesados. Cuba: Editorial universitaria. 301 p. ISBN: 978-959-16-0581-8.
- Zaragoza. 2018. Enziende la ciencia: alimentando los sentidos [internet]. España: Universidad de Zaragoza; [consultado el 01 de agos. de 2020]. <https://ucc.unizar.es/enziende-la-ciencia>.

6. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de análisis sensorial.

Hoja de evaluación sensorial de “Tortillas”

N° panelista:

Nombre: _____ Género: M ___ F ___ Fecha: ___/___/___

Instrucciones:

1. A continuación, se le presentarán cuatro muestras de tortilla y un vaso de agua. Limpie, su paladar con el agua antes y después de evaluar cada muestra en el orden que se le presenta. Evalúe la apariencia general antes de probar cada muestra. Escriba el número relacionado al grado en que le gusta o le disgusta de acuerdo a la tabla que a continuación se describe.

PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta poco
5	Ni me gusta/ Ni me disgusta
4	Me disgusta poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

ATRIBUTO	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:
Apariencia				
Color				
Olor				
Sabor				
Textura				
Aceptación general				

Comentarios: _____

2. Ordene las muestras en base a la más preferida hasta la menos preferida en el siguiente cuadro.

	Código
Más preferido	
Menos preferido	

¿Por qué?

¡Gracias por tu participación!

Anexo 2. Etiqueta nutricional de harina de maíz nixtamalizada MASECA®.

Cantidad por porción (100g)		2
Contenido energético		1550 kj (370 Kcal)³
		% VRN
Carbohidratos	75.00 g	25%
Fibra dietética	8.67 g	35%
Proteínas	8.30 g	37%
Grasa total	3.83 g	6%
Grasa saturada	1.10 g	6%
Fósforo	30.0 mg	3%
Potasio	14.0 mg	9
Sodio**	0.0 mg	10
Calcio	29.0 mg	3%
Fortificada con:***		11
Niacina	6.18 mg	31%
Hierro ****	4.20 mg	23%
Tiamina (Vitamina B1)	0.84 mg	56%
Riboflavina (Vitamina B2)	0.30 mg	18%
Ácido Fólico	0.15 mg	38%
El porcentaje de valor diario está basado en una dieta de 8400kj (2000 ¹⁶ kcal) según FDA		17
Grasa total	65 g	Niacina 20 mg 18
Grasa saturada	20 g	Hierro 18 mg
Sodio	2400 mg	Tiamina 1.5 mg 19
Carbohidratos totales	300 g	Riboflavina 1.7 mg 20
Fibra dietética	25 g	Ácido fólico 0.4 mg
Proteína	50 g	Calcio 1000 mg ²¹
** No es fuente significativa de Sodio		22
		23
*** Las cantidades incluyen las cantidades naturales de la harina más los micronutrientes. Niacina 4.5 mg. Hierro 2.2 mg. Tiamina 0.4 mg. Rivo flavina 0.25 mg. Ácido fólico 0.25 mg		24 25
**** La cantidad de Hierro equivale a 88 mg de Hierro en forma de Sulfato ferroso		26