

Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol Honduras nutritivo

Emerson Fernando García Ramos

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol Honduras nutritivo

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

Emerson Fernando García Ramos

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol Honduras Nutritivo

Emerson Fernando García Ramos

Resumen. Un snack se caracteriza por ser una comida ligera y rápida que se come entre o en lugar de una comida principal, caracterizándose generalmente por su alto contenido de sal, grasa y azúcares. Los objetivos del estudio fueron: formular una galleta con harina de frijol y trigo integral; alta en proteínas, baja en grasa, fuente de fibra y fuente de hierro. Evaluar la aceptación sensorial de los tratamientos y realizar el análisis proximal de aquellos que presenten mayor aceptación. Definir los gastos de formulación de los tratamientos con mayor aceptación. Se desarrollaron tres formulaciones con diferentes proporciones de harina de trigo integral y frijol bio-fortificado (T3 75:25; T2 50:50; T125:75). Se realizó un conteo de mesófilos aerobios totales y enterobacterias como indicadores de inocuidad. El tratamiento mejor evaluado en el análisis sensorial fue el que contenía 25% harina de frijol. Se realizaron análisis de actividad de agua y color. Se realizó un análisis proximal que incluyó humedad, cenizas, proteína, grasa total y fibra dietética. El contenido de proteína para el tratamiento 1 fue de 13.69/100 g alimento y un valor de fibra dietética de 20.59/100 g alimento. El costo de formulación de 0.5 kg es de USD1.83. Se concluyó que el producto se puede considerar como alto en fibra y proteína según los criterios del RTCA. Se recomienda evaluar el nivel de saciedad al consumir una porción de 30 g al día de galletas con 25% harina de frijol.

Palabras clave: Bocado, fibra dietética, hierro, proteína, zinc.

Abstract. A snack is characterized by being a light and fast meal that is eaten between or instead of a main meal, generally characterized by its high content of salt, fat and sugars. The objectives of the study were: to formulate a cookie with bean flour and whole wheat; high protein, low fat, fiber source and iron source. Evaluate the sensory acceptance of the treatments and perform the proximal analysis of those that present greater acceptance. Define the costs of formulating treatments with greater acceptance. Three formulations with different proportions of whole wheat flour and bio-fortified beans were developed (T3 75:25; T2 50:50; T125: 75). A total aerobic mesophilic count and enterobacteria were counted as safety indicators. The best evaluated treatment in the sensory analysis was that which contained 25% bean flour. Water and color activity analyze were performed. A proximal analysis was carried out that included moisture, ashes, protein, total fat and dietary fiber. The protein content for the T1 treatment was 13.69/100 g food and a dietary fiber value of 20.59/100 g food. The formulation cost of 0.5 kg is USD 1.83. It was concluded that the product can be considered as high in fiber and protein according to the criteria of the RTCA. It is recommended to evaluate the satiety level by consuming a 30 g serving of cookies with 25% bean flour.

Key words: Dietary fiber, iron, protein, snack, zinc.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES	23
5. RECOMENDACIONES	24
6. LITERATURA CITADA.....	25
7. ANEXOS	28

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de galleta de mantequilla usada por la PIA.....	4
2. Formulaciones de las galletas de trigo y frijol, usadas en cada tratamiento.....	5
3. Aporte energético teórico de los tratamientos y el control.....	5
4. Conteo de Bacterias Mesófilas Aerobias y Enterobacterias para las galletas con harina de trigo integral y frijol biofortificado.....	12
5. Análisis de medias para los atributos de apariencia, color, textura para el análisis sensorial.....	13
6. Análisis de medias para los atributos de olor, sabor y aceptación general obtenidos del análisis sensorial para los diferentes tratamientos.....	14
7. Resultados para color en escala L*, a*, b* para el tratamiento control y T1.....	15
8. Valores para actividad de agua para el tratamiento control y el T1.....	16
9. Porcentaje de humedad para el tratamiento control y T1.....	16
10. Porcentaje de cenizas para el tratamiento control y T1.....	17
11. Contenido de proteína en 100 g de alimento para el tratamiento control y T1.....	17
12. Porcentaje de grasa total para el tratamiento control y T1 para 100 g de galleta...	18
13. Porcentaje de carbohidratos totales para 100 g de galleta para el tratamiento control y T1.....	19
14. Contenido de hierro y para el tratamiento control y T1 para 100 g de galleta.....	20
15. Contenido de zinc para el tratamiento control y T1 para 100 g de galleta.....	20
16. Porcentaje de fibra dietética para el tratamiento control y T1 para 100 g de alimento.....	21
17. Contenido de fibra cruda del tratamiento control y T1 para 100 g de alimento.....	21
18. Costos de formulación en Lempiras y Dólares Americanos para 0.500 kg de tratamiento T1 y control.....	21
Figura	Página
1. Diagrama de flujo para la elaboración de las galletas.....	6
Anexos	Página
1. Aparato de extracción Soxhlet.....	28
2. Galletas elaboradas, de izquierda a derecha Control, T1 (25% frijol), T2 (50% frijol), T3 (75% frijol).....	28
3. Boleta utilizada para el análisis sensorial.....	29
4. Análisis de correlación para los atributos evaluados en el análisis sensorial.....	31

1. INTRODUCCIÓN

La obesidad y el sobrepeso son estados en los que el peso corporal se encuentra por encima de lo normal, como resultado de una excesiva acumulación de grasa (FAO 2019). Para el año 2016 en Centroamérica se estimó un 26.6% de prevalencia en obesidad para la población de 18 años en adelante; y para Honduras en el mismo año la prevalencia fue de 19.4% (FAO *et al.* 2019). Por lo que, a nivel global, se han implementado medidas para contrarrestar el aumento de enfermedades crónicas no transmisibles (como diabetes, obesidad y sobrepeso) promocionadas principalmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS). De acuerdo con la Organización Panamericana de Salud (OPS), parte de los factores que aumentan el sobrepeso y la obesidad, están ligados al alto consumo de productos de bajo valor nutricional; y alto contenido de azúcar, grasa y sal; resaltándose entre ellos los alimentos tipo “snack” y la comida rápida (OPS 2015).

Los alimentos tipo snacks se caracterizan por ser una comida ligera y rápida que se come entre o lugar de una comida principal (Kent 2016). Siendo una característica en común, que la mayoría de los productos comerciales que se encuentran en el mercado poseen una densidad energética mayor a la de las comidas que se encuentran en las dietas (Gregori *et al.* 2011). Siendo las galletas, golosinas dulces o saladas, bebidas con alta cantidad de azúcar y/o saborizantes y frituras los más consumidos como snacks. La cantidad consumida de los mismos está influenciada por factores económicos, fisiológicos, ambientales y culturales; afectando cada uno la ingesta de snacks por separado o en conjunto, llegando muchas veces a influenciar de manera pasiva un mayor consumo de los valores de referencia recomendados para los diferentes grupos poblacionales.

Uno de los grupos poblacionales vulnerables dado sus hábitos alimenticios son los adolescentes. De acuerdo con el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), la ingesta calórica diaria promedio para adolescentes en edades de 18 a 22 años es de 2700 Kcalorías para energía, 20-30% de energía proveniente de la grasa, 50 g de proteína, 255 a 350 g de carbohidratos, 25 g de fibra (Menchú 2012).

En Estados Unidos, la ingesta de snacks en general representa un 23% de las calorías diarias (Sebastian *et al.* 2010). Por la salud de la población, se deberían de desarrollar alimentos que ofrezcan mayor saciedad al momento de su ingesta a fin de reducir el aporte calórico e incremento de contenido de fibra, aportando mayor cantidad de nutrientes en conjunto de otras técnicas de mejoramiento de alimentos como la bio-fortificación.

La biofortificación es un proceso mediante el cual se incrementa la concentración de elementos esenciales en la parte comestible en los productos cosechados mediante la intervención agronómica, fitomejoramiento o ingeniería genética (Márquez *et al.* 2015). En

Zamorano se ha trabajado con el frijol (*Phaseolus vulgaris*) como parte de un programa de fitomejoramiento en cuanto a su contenido de hierro y zinc.

Establecidos los beneficios de la bio-fortificación del frijol y del amplio uso que tiene en la región latinoamericana se han creado diferentes formas para poder brindar e implementar diferentes alimentos que contengan los beneficios nutricionales del frijol. Se tienen reportes de la diferente creación de alimentos tipo galleta con diversos porcentajes de frijol, a fin de crear un alimento más nutritivo; en que se van sumado los esfuerzos de poder controlar los niveles tanto de azúcar y de grasa en las formulaciones, además de que sean alimentos que contengan fibra o minerales.

Para este trabajo se ha desarrollado una galleta con diferentes porcentajes de harina de frijol Honduras nutritivo y de harina integral. A fin de brindar una alternativa saludable y nutricional para la población universitaria; entrando de esta forma a la tendencia alimentaria de consumir alimentos que sean nutricionales. El Consejo Internacional de Información Alimentaria (IFCF) destaca en su encuesta anual sobre Alimentos y Salud, destaca que para el año 2016 en Estados Unidos, el 64% de los encuestados buscan el mayor consumo de proteína, 44% busca evitar el consumo de las grasas, 70% busca el aumento del consumo de granos enteros y un 33% busca aumentar el consumo de alimentos funcionales. (IFCF 2016). Por lo que, con el desarrollo de esta galleta; se espera la creación de un alimento que venga a suplir las necesidades nutricionales del grupo de interés.

Los objetivos del estudio son:

- Formular una galleta con harina de frijol y trigo integral; alta en proteínas, baja en grasa, fuente de fibra y fuente de hierro.
- Evaluar la aceptación sensorial de los tratamientos y realizar el análisis proximal de aquellos que presenten mayor aceptación.
- Definir los gastos de formulación de los tratamientos con mayor aceptación

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El estudio se llevó a cabo en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ), laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), laboratorio de Análisis Sensorial y Laboratorio de Nutrición Humana (LNHZ). Todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Materia prima.

Las materias primas utilizadas para la elaboración de la galleta fueron: harina de frijol Honduras Nutritivo, donada por el Programa de Investigación de Frijol (PIF). Harina de trigo integral, aceite de maíz, miel, huevo, polvo de hornear, canela en polvo, jengibre, ralladura de naranja y Stevia. Los cuales fueron adquiridos en mercados locales.

Pruebas preliminares.

Se llevaron cabo con 100 gramos de formulación con diferentes proporciones de harina de frijol y trigo integral; con ingredientes usados en galletería para evaluar las propiedades tecnológicas de los mismos. Y de esta forma lograr atributos sensoriales deseados en una galleta en cuanto a sabor, color y textura. En total se realizaron 22 formulaciones como pruebas preliminares.

La formulación usada como base, fue proporcionada por la PIA, la cual se encuentra descrita en el cuadro 1. Dado el alto porcentaje de azúcar y grasa, se cambió el azúcar por miel y la margarina por aceite de maíz buscando utilizar la misma proporción de estos ingredientes en todas las formulaciones.

Cuadro 1. Formulación de galleta de mantequilla usada por la PIA.

Ingrediente	Cantidad (%)
Harina de trigo	47.85
Azúcar	22.43
Margarina	22.43
Huevo	6.42
Polvo de hornear	0.30
Sal	0.30
Vainilla	0.28
Total	100.00

Fuente: Planta de Innovación de Alimentos (PIA)

El proyecto se realizó en tres fases.

Fase I. Formulación de galletas con alto contenido de proteína, reducida en grasa, fuente de fibra y hierro.

Fase II. Análisis microbiológico y sensorial.

Fase III. Caracterización fisicoquímica y determinación de costos de formulación.

Fase I. Formulación de galleta con alto contenido de proteína, reducida en grasa, fuente de fibra y hierro.

Del total de pruebas preliminares realizadas, se seleccionaron tres como tratamientos y una como control (100% harina integral de trigo). Las formulaciones seleccionadas fueron aquellas que presentaron las características deseadas tanto tecnológicas como sensoriales de acuerdo con los gustos del cliente. En el cuadro 2 se muestran las formulaciones usadas como tratamientos, expresadas en porcentaje, en los cuales se utilizaron las siguientes relaciones de harina de frijol (HF) y harina de trigo integral (HTI). T1 25% HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI. Para el control se utilizó 100% harina de trigo integral.

Cuadro 2. Formulaciones de las galletas de trigo y frijol, usadas en cada tratamiento.

Ingrediente	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	Control (%)
HF	12.05	21.98	31.58	00.00
HTI	36.14	21.98	10.53	49.38
Agua	14.46	21.98	25.26	12.35
Huevo	14.46	13.19	12.63	14.81
Miel	12.05	10.99	10.53	12.35
Aceite	4.82	4.40	4.21	4.94
Ralladura de naranja	1.93	1.76	1.68	1.98
Polvo de hornear	1.93	1.76	1.68	1.98
Stevia	0.96	0.88	0.84	0.99
Canela	0.48	0.44	0.42	0.49
Jengibre	0.48	0.44	0.42	0.49
Sal	0.24	0.22	0.21	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

HF: harina de frijol, HTI: harina de trigo integral.

T1 25%HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI

Control: 100 % HTI

El aporte energético y la composición nutricional teórico de los tratamientos y el control utilizados se muestran en el cuadro 3. Se utilizaron como referencias las bases de datos de composición de alimentos del INCAP y la “*Food Database*” del FDA que indican la composición de los alimentos.

Cuadro 3. Aporte energético teórico de los tratamientos y el control.

Tratamiento	Agua (%)	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa total (g)	CHO (g)	Fibra total (g)	Hierro (mg)
T1	34.37	267.23	9.39	7.24	44.28	10.41	1.19
T2	40.25	243.47	9.59	6.45	39.22	9.68	1.28
T3	42.86	232.86	10.17	6.02	36.45	9.45	1.41
Control	32.63	274.21	8.47	7.59	46.68	10.46	1.00

CHO: Carbohidratos.

T1 25%HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI

Control: 100 % HTI

Fuente: INCAP (2018), FDA (2019).

En la figura uno se muestra el flujo de proceso utilizado para la elaboración de las galletas. Y a continuación se describen las actividades realizadas en cada una de ellas.

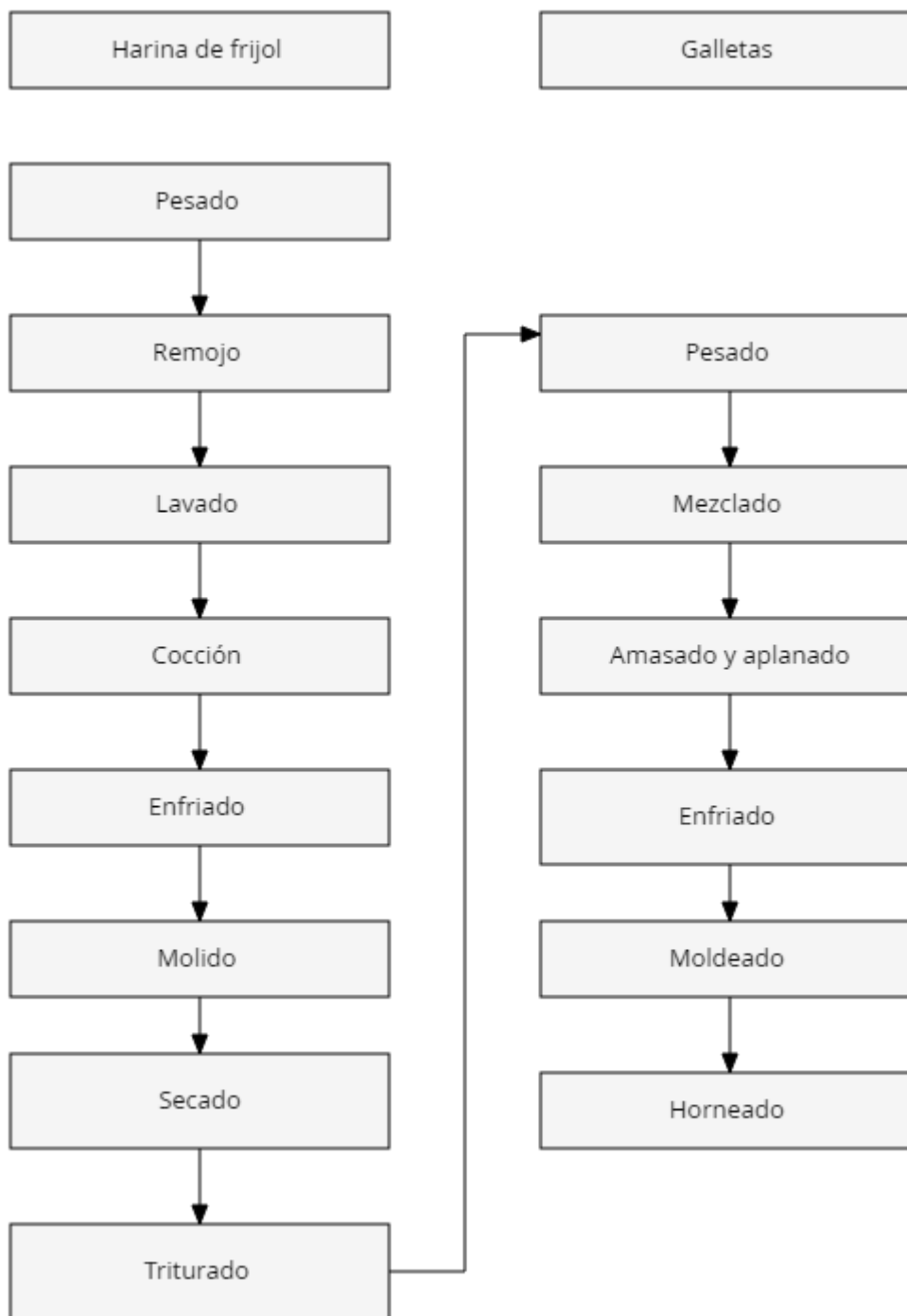


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de las galletas.

Elaboración de harina de frijol. Se realizó un remojo de los frijoles a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas. Luego se escurrieron y se lavó con agua a temperatura ambiente. Los frijoles se cocieron en una marmita industrial a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 45 minutos. Se escurrieron, y se dejaron enfriar. Se molieron en un procesador de alimentos marca Hobart hasta obtener una pasta homogénea. Luego se secó en un

deshidratador marca Excalibur a una temperatura de 120 °C por un periodo de 12 horas. Posterior se molió el producto secado en un molino manual marca Kitchenaid, hasta obtener la harina buscando un tamaño de partícula similar al de la harina de trigo.

Pesado. Se pesaron por separado los ingredientes líquidos (aceite, huevo, miel, agua), de los secos (harina de frijol, harina de trigo integral, polvo de hornear, Stevia, sal, canela). Se utilizó una balanza marca Fisherbrand.

Mezclado. Se llevó a cabo con la ayuda de una batidora marca Kitchenaid, mezclando todos los ingredientes secos, y agregando después los líquidos. Se mezcló hasta obtener una pasta homogénea, se mezcló por tres minutos.

Amasado y aplanado. En una bandeja de horneado se colocó una capa de papel encerado, posterior se colocó la masa y se amasó por un tiempo de dos minutos, buscando darle una forma redonda. Luego se cubrió con otra hoja de papel encerado y se aplanó de manera homogénea a fin de darle un grosor de 0.5 cm a toda la lámina.

Enfriado. Se llevó a cabo en el cuarto de congelación de la PIA, a una temperatura de -20 °C, por un tiempo de 20 minutos, a fin de poder facilitar el proceso de moldeado al lograr que la masa pudiera mantenerse más unida.

Moldeado. Con la ayuda de un disco de 3.5 cm de diámetro se moldearon y cortaron las galletas individuales, las galletas cortadas se acomodaron en una bandeja para horneado cubierta de una capa de papel encerado.

Horneado. Se realizó a una temperatura de 150 °C por un periodo de 12 minutos. En un horno de gas marca Turbolino.

Enfriado. Luego del horneado, las galletas se dejaron enfriar, hasta alcanzar la temperatura ambiente, para su posterior empaque.

Fase II. Análisis microbiológico y sensorial.

Previo a realizar la prueba de aceptación y de preferencia, se llevó a cabo un análisis microbiológico para Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) y enterobacterias, a fin de poder evaluar la inocuidad dentro del proceso de elaboración de las galletas.

Para el análisis de BMA y enterobacterias se realizó un conteo por el método de vaciado en placa, para el cual se rotularon platos Petri con diluciones de 10^{-1} a 10^{-2} para BMA, y para enterobacterias solo la primera dilución (10^{-1}). Se pesaron 10 gramos de muestra y se diluyeron en 90 mL de Buffer de fosfatos. Se homogenizó cada muestra en el Stomacher por un tiempo de un minuto. Se tomó 1 mL de solución y se colocó en el plato Petri como la primera dilución, tanto para BMA como enterobacterias. Luego se agregó 1 mL de solución a 9 mL de Buffer de fosfatos y se agitó en un Vortex por un tiempo de un minuto para realizar la segunda dilución, se agregó 1 mL en un plato Petri de la segunda dilución. Para BMA se usaron 15 mL de Agar Cuenta Estándar (ACE) y para Enterobacterias se utilizaron 20 mL de Agar Bilis Rojo Violeta con Glucosa (ABRV-G), colocando 15 mL de

agar y después de solidificado una segunda capa de 5 mL. Se incubó a una temperatura de 37 °C para ambos medios de cultivo. El conteo se realizó a las 24 horas para enterobacterias, y a las 48 horas para BMA. El resultado se expresó como Log UFC/mL.

Para el análisis sensorial se realizó una prueba de aceptación, en la cual se evaluó para las tres formulaciones más el control, los atributos de: apariencia, olor, color, sabor, textura y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 9, en la cual 1 representa me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. La prueba se realizó con 100 panelistas, hombres y mujeres no entrenados los cuales estaban en un rango entre 18 y 22 años. También se llevó a cabo una prueba de preferencia, en la cual los panelistas ordenaban los tratamientos del mayor al menor según su preferencia. Del resultado del análisis sensorial se tomaron aquellos dos que poseían mayor aceptación para la realización de la tercera fase.

Fase III. Caracterización fisicoquímica y determinación de costos de formulación.

El control y el tratamiento con 25% de harina de frijol fueron los que presentaron mayor aceptación. Por los que se les llevó a cabo la caracterización fisicoquímica, la cual incluye:

- Análisis físicos: color, actividad de agua.
- Análisis proximal: humedad, cenizas, proteína, gasa total, carbohidratos, fibra dietética, hierro y zinc.

Análisis físicos.

Color. Se llevó a cabo a través de la ayuda del equipo Colorflex. Se realizó la estandarización del equipo con los blancos. Luego se colocó una galleta sobre el lente, el diámetro de las galletas fue suficiente para cubrir el disco de la muestra. Luego se procedió a realizar la lectura. Los resultados se expresaron en la escala $L^* a^* b^*$.

Actividad de agua. Se llevó a cabo a través del método AOAC 978.18 utilizando el equipo Aqualab 3TE 61011875. Para la medición se calibró el equipo usando estándares de 0.5 y 0.75. posteriormente se realizó la medición de cada muestra llenado el compartimiento del equipo con una muestra previamente molida. Se anotó el valor de actividad de agua y temperatura brindado por el equipo.

Análisis proximal.

Humedad. Se llevó a cabo por el método AOAC 950.46B. Para su realización se secaron crisoles a una temperatura de 102 °C por un tiempo de 8 horas. Luego se secaron en un desecador por una hora, hasta que alcanzaran la temperatura ambiente. Se registro el número y peso del crisol. A cada crisol se le agregaron aproximadamente 3 gramos de muestra. Las muestras se secaron en un horno de convección marca Binder FD534-UL, por un tiempo de 18 horas. Luego se dejaron enfriar por 30 minutos y se procedió a pesar los crisoles con la materia seca. Los cálculos de humedad se realizaron con la ecuación 1 para expresar el resultado en porcentaje de humedad.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{peso de crisol+muestra})-(\text{peso de crisol+materia seca})}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Cenizas. Se llevó a cabo por el método AOAC 923-03. Se pre-secaron crisoles de porcelana a una temperatura de 102 °C por 5 horas. Luego se enfriaron por una hora. Se pesaron 3 gramos de muestra, y se incineraron en la mufla a 550 °C por 24 horas. Luego se enfriaron los crisoles hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se registró el peso de estos más la ceniza, para el cálculo del porcentaje de ceniza se utilizó la ecuación 2:

$$\% \text{ ceniza} = \frac{(\text{Peso crisol+muestra de mufla})-\text{Peso crisol}}{\text{Peso muestra antes mufla}} \times 100 \quad [2]$$

Proteína. Se llevó a cabo por el método AOAC 2001.11. Se pesó un gramo de muestra en papel encerado y se colocaron en los tubos de digestión. Se agregaron dos tabletas de digestión y 12 mL de ácido sulfúrico al 97.7%, y se colocó en la cámara de digestión a una temperatura de 420 °C por un tiempo de 60 minutos. Junto con las muestras se colocaron dos blancos consistentes en 0.10 g de sulfato de amonio y 0.10 g de acetanilida. Luego de la digestión se realizó el proceso de destilación, para lo cual se usó el equipo FOSS. Los parámetros de destilación usados fueron los siguientes: 4 minutos de destilación, 80 mL de agua, 50 mL de NaOH al 40%, 30 mL de H₃BO₃, luego las muestras fueron tituladas en un Erlenmeyer de 250 mL. Posteriormente se titularon con una solución de HCl 0.1 M para determinar la cantidad de nitrógeno volátil. La cantidad de proteína cruda se determinó de acuerdo con la siguiente ecuación. Los resultados se expresaron como porcentaje de proteína.

$$\%N = \frac{(T-B) \times N \times 14.007}{M \times 10} \quad [3]$$

En donde:

%N porcentaje de nitrógeno.

T volumen de ácido utilizado para la muestra.

B promedio del volumen de ácido utilizado para los blancos B1 y B2.

M peso de la muestra.

$$\% \text{ Proteína} = \%N \times 6.25 \quad [4]$$

Grasa total. Se llevó a cabo por el método Soxhlet. Se secaron los dedales de celulosa y los balones de fondo plano de 250 mL por un periodo de seis horas a una temperatura de 105 °C. Una vez fríos, se identificaron los balones según la muestra a procesar y se anotaron los pesos. Luego se procesó la muestra para que quedara fina y se pasó por un tamiz número 30. En los dedales ya secos y fríos se pesaron 2 ± 0.0050 g de Celite y 3 ± 0.0050 g de muestra, en la cámara de extracción se le añadieron 120 mL de hexano. Con la ayuda de una estufa se calentó el hexano a una temperatura de 70 °C. El tiempo de extracción fue de cuatro horas. Posterior se colocaron los balones con el solvente y la grasa extraída en un horno de convección por un periodo de dos horas a una temperatura de 105 °C para evaporar todo el solvente. Se dejaron enfriar los balones dentro de un desecador y se anotó el peso de los balones más la grasa extraída una vez los valones alcanzaran la temperatura ambiente. El resultado se expresó en porcentaje de grasa, usando la ecuación 5.

$$\% \textit{grasa} = \frac{(\textit{Peso balón} + \textit{Grasa extraída}) - \textit{Peso balón}}{\textit{Peso muestra}} \times 100 \quad [5]$$

Carbohidratos. se obtuvieron por diferencia usando la siguiente ecuación.

$$100 - (\textit{weight in grams [protein + fat + water + ash + alcohol] in 100 g of food}) \quad [6]$$

Fibra cruda. Se llevó a cabo por el método AOAC 962.09. las muestras se molieron y se pasaron por un cernidor de 30 Mesh para homogenizar las muestras. Se rotularon las bolsas, en cada bolsa se añadió un gramo de muestra. Para la digestión se colocaron las muestras en el digestor, se agregó un litro de solución de ácido sulfúrico hirviendo a una concentración de 1.25% v/v. Se realizó una digestión por 40 minutos a una temperatura de 90 °C. Posterior se drenó el agua del digestor y se realizaron tres lavados por separado con agua a 90 °C por un periodo de cinco minutos cada uno. Luego se realizó una segunda digestión con una solución de Hidróxido de Sodio hirviendo a una concentración de 1.25% p/v, la digestión se realizó por un periodo de 40 minutos a una temperatura de 90 °C. Se drenó la solución de NaOH del digestor y se realizaron otros tres lavados con agua a 90 °C por cinco minutos por cada lavado.

Las muestras se sacaron del digestor y se les eliminó el exceso de agua con la ayuda de toallas de papel. Luego se sumergieron en acetona a una concentración de 90% por un periodo de cinco minutos en un vaso de precipitado de 250 mL. Después se sacaron y se dejaron en una campana por 10 minutos para eliminar el exceso de acetona. Para finalizar las muestras se secaron a una temperatura de 100 °C por un periodo de 24 horas. El resultado se expresó en porcentaje de fibra cruda.

Fibra dietética. Se llevó a cabo por el método AOAC 985.29. Las muestras se homogenizaron usando un molino marca Kitchenaid y pasándolas por un tamiz número 30. En un beaker Berzelius se pesaron 3 ± 0.0050 g de muestra. Se agregaron 50 mL de solución tampón de fosfato pH 6 y se agitaron. Se añadieron 100 µL de solución de α -amilasa termoestable se mezcló de manera manual por cinco segundos y se cubrió el beaker con papel aluminio agitando suavemente a cada cinco minutos; luego se retiró el papel aluminio. Posterior se añadieron 10 mL de solución de NaOH 0.275 Molar y se ajustó el pH a 7.5 ± 0.2 , luego se añadió 100 µL de solución de 50mg/mL de proteasa al beaker. Se cubrió nuevamente con papel aluminio y se incubó en baño María a 60 °C por 30 minutos con agitación continua. Se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Después añadieron 10 mL de solución de HCl 0.325 M, y se ajustó el pH en un rango de 4.0-4.6. se añadieron 100 µL de solución de amilogucosidasa se cubrió nuevamente con papel aluminio y se incubó por 30 minutos en baño María a una temperatura de 60 °C agitando constantemente. Luego se agregaron 280 mL de etanol al 95% a 60 °C. Se retiró del baño María se cubrió con papel aluminio y se dejó precipitar por una hora a temperatura ambiente.

Se peso un crisol previamente incinerado a 525 °C por 1 hora al cual, luego de enfriados se agregaron 0.5 g de celite. En los crisoles se distribuyó el celite usando 15 mL de etanol al 78%. Se vertió el contenido del beaker en el crisol y se filtró al vacío. Se realizó un lavado

usando etanol al 78% ayudándose de una espátula para retirar todo aquel material que se haya quedado en las paredes del beaker. El crisol con el residuo se secó por 8 horas en un horno de convección a 105 °C. Se pesó el crisol y se realizó el cálculo del porcentaje de fibra dietética.

Hierro y Zinc. Se llevaron a cabo por el método AOAC 985.35. Se sumergió toda la cristalería a utilizar con una solución de ácido nítrico a una concentración de 20% v/v por un periodo de 12 horas, luego se procedió a lavar con agua desionizada. Se obtuvieron las cenizas según el método AOAC 932.03. A las cenizas que estaban contenidas en el crisol, se les agregaron 5 mL de HNO₃ a 1 M, luego se calentaron en baño María por un tiempo de 5 minutos a una temperatura de 90 °C para disolver las cenizas. La solución se añadió a un matraz volumétrico de 50 mL, luego se realizaron lavados con dos porciones de HNO₃ añadiendo la solución de lavado al matraz volumétrico, luego se realizó el análisis de la solución a través de Espectrometría de Absorción Atómica.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se uso un Diseño Completamente al Azar, con tres tratamientos más el control y tres repeticiones, para un total de doce unidades experimentales, para el análisis sensorial y microbiológico. Para el análisis proximal y físico se utilizó un diseño de comparación de medias independientes.

Análisis estadístico. Se llevó a cabo mediante una prueba de medias Duncan, para el análisis sensorial y microbiológico. Para el análisis proximal se usó una prueba de t de Student. Se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (Statistical Analysis Software).

Análisis de costos de formulación.

Se determinaron en base a una libra (454 g) de mezcla para galleta, según los costos de la materia prima. Durante el periodo de realización del proyecto (julio-agosto 2019).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas microbiológicas.

Para los diferentes alimentos existen criterios microbiológicos que definen la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote y es aplicable a productos comercializados (MSPAS *et al.* 2012). Para las galletas creadas se usó como límite de tolerancia lo definido por IFST (*Institute of Food Science and Technology*) el cual cataloga a las galletas dentro de la categoría J: Alimentos Procesados, estableciendo un límite de tolerancia $<10^4$ para mesófilos aerobios y $<10^2$ para enterobacterias. Por lo tanto, se puede indicar que los valores observados en los diferentes tratamientos, ingresa dentro de los límites permitidos por esta regulación, garantizando de esta manera que este sea un alimento inocuo. Por lo que el proceso de preparación se realizó de manera correcta. En el cuadro 4 se observa que no existió diferencia estadística entre los tratamientos para los organismos mesófilos aerobios. En el caso de las enterobacterias no se encontraron en un rango detectable.

Cuadro 4. Conteo de Bacterias Mesófilas Aerobias y Enterobacterias para las galletas con harina de trigo integral y frijol biofortificado.

Tratamiento	Log/UFC por g \pm D.E. Mesófilos aerobios totales	UFC/g Enterobacterias
T1	2.2467 \pm 0.6409 ^{A*}	<10
T2	2.3133 \pm 0.2730 ^A	<10
T3	2.1233 \pm 0.1517 ^A	<10
Control	1.9600 \pm 0.1305 ^A	<10
C.V.	12.24%	N/A

T1 25%HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI

UFC: Unidades formadoras de colonias

D.E: Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

N/A. No aplica.

*Medias con la misma letra entre columnas no presentan diferencia significativa entre los tratamientos ($P>0.05$).

Análisis sensorial.

La evaluación sensorial es un método científico usado para medir, analizar e interpretar la respuesta a los productos tal y como se perciben a través de los sentidos de la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto (Sharif *et al.* 2017). En los tratamientos se puede observar una tendencia similar en todos los atributos evaluados, en donde se tuvo la mayor preferencia por el tratamiento control (100% harina integral) seguido el tratamiento uno (25% harina de frijol: 75% harina de trigo integral). En el cuadro 5 se presenta el resultado del análisis estadístico de los tratamientos para los atributos de apariencia, color, textura.

Para la apariencia general, se tiene una gran diferencia estadística entre los tratamientos. Esto debido al mayor contenido de frijol, por lo que la galleta presentaba una mayor superficie resquebrajada. Siendo por este factor que presentó su baja aceptabilidad. Para el color, el tratamiento control obtuvo una mayor aceptación, seguido del T1. Hay un cambio de tonalidad a medida que aumenta el contenido de frijol, a mayor porcentaje de frijol se obtuvieron menores niveles de aceptabilidad en cuanto al color. Para el atributo de textura, no existió diferencia estadística entre el control y el tratamiento 1. El tratamiento 2 y 3 presentaron similitud en su evaluación, la baja puntuación a estos tratamientos puede ser atribuido al hecho de que a mayor cantidad de frijol la galleta se sentía con mayor dureza al masticarla, siendo evaluados como me disgusta poco según la escala hedónica utilizada.

Cuadro 5. Análisis de medias para los atributos de apariencia, color, textura en el análisis sensorial realizado a las galletas.

Tratamiento	Atributo		
	Apariencia Media± D.E.	Color Media± D.E.	Textura Media± D.E.
Control	7.10 ± 1.467 ^{A*}	7.22 ± 1.460 ^{A*}	5.98 ± 1.906 ^{A*}
T1	6.46 ± 1.654 ^B	6.47 ± 1.672 ^B	6.00 ± 1.809 ^A
T2	5.76 ± 1.551 ^C	5.68 ± 1.626 ^C	4.61 ± 1.896 ^B
T3	5.39 ± 1.752 ^C	5.32 ± 1.728 ^C	4.54 ± 1.823 ^B
C.V.	21.28%	22.52%	27.59%

Escala hedónica: 1 me disgusta extremadamente. 2 me disgusta mucho. 3 me disgusta moderadamente. 4 me disgusta poco. 5 no me gusta ni me disgusta. 6 me gusta poco. 7 me gusta moderadamente. 8 me gusta mucho. 9 me gusta moderadamente.

T1 25%HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Medias con letras diferentes en cada columna presentan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

El cuadro 6 muestra los resultados del análisis de varianzas realizados para los atributos de olor, sabor y aceptación general. El olor no presentó una gran diferencia entre los tratamientos 1, 2 y el control, lo que demuestra que al agregar cáscara de naranja y jengibre rallado a todos los tratamientos hizo que se desarrollara un aroma agradable para los

panelistas. Para el caso del 3, el olor presentó diferencia significativa, si bien no se le detectó el olor a frijol posiblemente los otros atributos influyeron en la percepción de este atributo dado el orden de evaluación presentado en la boleta para el análisis sensorial. En el caso del sabor la adición de jengibre y naranja fue más evidente en el tratamiento control y el de menor cantidad de harina de frijol (25%), lo que pudo ser de influencia en la aceptabilidad para este producto. Pocas personas detectaron la presencia del frijol en los tratamientos en cuanto al olor y sabor. Para la aceptación general el tratamiento 1 y el control tuvieron la mejor aceptación, distante de los tratamientos 2 y 3. En cuanto a los atributos evaluados y la aceptación general, el que tuvo mayor influencia fue el sabor, con un 0.81 de correlación, seguido de la textura con un 0.75 de correlación.

Cuadro 6. Análisis de medias para los atributos de olor, sabor y aceptación general obtenidos del análisis sensorial realizado a las galletas.

Tratamiento	Atributo		
	Olor	Sabor	Aceptación general
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.*
Control	6.67 ± 1.741 ^{A*}	6.20 ± 1.676 ^A	6.58 ± 1.444 ^A
T1	6.68 ± 1.556 ^A	6.26 ± 1.691 ^A	6.37 ± 1.426 ^A
T2	6.57 ± 1.591 ^A	5.10 ± 1.806 ^B	5.37 ± 1.502 ^B
T3	5.88 ± 1.659 ^B	4.84 ± 1.927 ^B	5.02 ± 1.735 ^C
C.V.	21.68%	26.12%	19.52%

Escala hedónica: 1 me disgusta extremadamente. 2 me disgusta mucho. 3 me disgusta moderadamente. 4 me disgusta poco. 5 no me gusta ni me disgusta. 6 me gusta poco. 7 me gusta moderadamente. 8 me gusta mucho. 9 me gusta moderadamente.

T1 25% HF:75% HTI, T2 50% HF:50% HTI, T3 75% HF:25% HTI.

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Medias con letras diferentes entre columnas presentan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Análisis físico.

Color. El color es la sensación que un individuo experimenta cuando la energía radiante entre el espectro visible (380-770 nm) choca con la retina del ojo (Wrolstad 2017). Para su medición se han desarrollado diferentes sistemas de clasificación a fin de contar con un sistema estandarizado para lograr ver diferencias estadísticas entre ellos. Para las galletas se han obtenidos los parámetros en la escala L^* , a^* , b^* en donde L^* está relacionado a la luminosidad o tonos blancos o negros. Un alto valor de a^* indica que se tienen tonos más rojizos y un bajo tonos más verdes; y un alto valor de b^* indica tonos más amarillos y un bajo valor se relaciona con tonos más azules.

Para las galletas los valores en la escala L* y a* no demuestran diferencia estadística entre ellos, contrario al valor b* que presenta diferencia entre el tratamiento 1 y el control. Este cambio en el valor puede estar relacionado a la presencia de colorantes en el frijol, tales como las antocianinas. Castañeda *et al.* (2009), indica que las antocianinas son responsables de la coloración rosa, roja, violeta y azul en las flores de algunas plantas. Para el caso del frijol rojo Peguero (2007), encontró para las variedades de frijol Amadeus-77, Seda y Dorado; tres y cinco diferentes patrones de antocianinas respectivamente. Por lo que al empezar la adición de frijol en diferentes proporciones influye en el cambio de color para la escala b*. La adición de frijol incita a un cambio en la coloración de la galleta.

El cambio de color al momento de adicionar frijol se ve reflejado también en los productos elaborados por Gonzales (2018) y Salinas (2007) quienes realizaron una pasta tipo caracol, y un snack respectivamente a base de frijol en combinación con arroz y trigo. En ambos productos se nota el cambio en la escala b* a medida que se agrega más frijol, este valor se reduce (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados para análisis de color en escala L*, a*, b* para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Atributo	Tratamiento		Valor P
	Control	T1	
L*			
Media ±D.E.	44.18 ± 1.74	41.31 ± 4.34	0.3485*
a*			
Media ±D.E.	13.09 ± 0.83	12.16 ± 0.60	0.4148*
b*			
Media ±D.E.	25.11 ± 1.22	21.72 ± 0.98	0.0202**

D.E. Desviación estándar.

T1: 25% harina de frijol, 75% harina de trigo integral.

* No presentó diferencia significativa ($P > 0.05$).

** Se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$).

Actividad de agua. La actividad de agua es la propiedad termodinámica del agua en los alimentos la cual es definida como la relación de la fugacidad del agua (o tendencia a escape) de los alimentos a la fugacidad del agua pura a la misma presión y temperatura. (Mauer y Bradley 2017). La actividad de agua está relacionada al desarrollo microbiano, características físicas, químicas y reacciones enzimáticas. El valor promedio de las galletas es de 0.5 el cual es inferior que al estimado al de los tratamientos control y T1. El alto valor de actividad de agua pudo estar relacionado a la higroscopicidad del alimento y a tiempo que transcurrió entre la medición del parámetro y la elaboración de las galletas (7 días). No se observa diferencia entre los tratamientos para este valor (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores para el análisis de actividad de agua realizados para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Actividad de agua Media \pm D.E.	C.V.	Valor P
Control	0.6957 \pm 0.571	8.20%	0.1813*
T1 (25% harina frijol)	0.7490 \pm 0.003	0.40%	

D.E: Desviación estándar.

C.V: Coeficiente de variación.

*No presento diferencia significativa ($P > 0.05$)

Análisis proximal.

Humedad. El contenido de agua de un alimento ayuda a evaluar su clasificación según el grado de susceptibilidad al crecimiento microbiano. El valor de humedad de las galletas es en general menor a 5%, el alto contenido de humedad para este producto puede estar ligado a un fallo en el almacenamiento de las galletas. Ya que desde que se elaboraron hasta su análisis transcurrió un tiempo de siete días, teniendo el análisis sensorial de por medio. Por lo que la gallería absorbió cierta cantidad de agua, elevando su valor; los valores de humedad se encuentran descritos en el cuadro 9 tanto para el control como para el tratamiento 1.

Cuadro 9. Valores en porcentaje para el análisis de humedad de las galletas del tratamiento control y el tratamiento 1.

Tratamiento	Humedad (%) Media \pm D.E.	C.V.	Valor P
Control	14.8800 \pm 0.2300	1.55%	0.043*
T1 (25% harina frijol)	15.5633 \pm 0.3326	2.14%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Presentó diferencia significativa ($P < 0.05$).

Cenizas. Las cenizas hacen referencia a los residuos inorgánicos que quedan luego de la combustión de la materia orgánica en la comida. El contenido de cenizas representa el contenido total de minerales en el alimento, dado que ciertos alimentos son poseen valores altos en algunos minerales nutricionales es importante conocer el valor que representa este componente (Harris y Marshall 2017). En el caso de los tratamientos evaluados, no existe diferencia significativa entre los tratamientos control y T1. Los valores obtenidos se describen en el cuadro 10, los cuales son mayores en comparación a los descritos por Cruz (2015) quien reporta un valor de 2.51% para unas galletas elaboradas con frijol de la variedad Pinto Saltillo. En unos nachos elaborados con harina de frijol y maíz, Salinas (2007) reporta un valor de 4.00 g de ceniza para 100 g de alimento en un producto con 80% de harina de frijol, por lo que al añadir una mayor cantidad de frijol aumenta el contenido de cenizas en las diferentes muestras.

Cuadro 10. Valores en porcentaje para el análisis de cenizas de las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Cenizas (%) ± D.E.	C.V.	Valor P
Control	3.1700 ± 0.3270	10.31%	0.6757*
T1 (25% harina de frijol)	3.0833 ± 0.0643	2.09%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*No existe diferencia significativa ($P > 0.05$)

Proteínas. Las proteínas son moléculas grandes de cadena lineal de aminoácidos, que contienen un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH) enlazados en la misma molécula. El valor nutricional de las proteínas se refleja en los múltiples usos que tiene dentro del cuerpo. Según el INCAP, las principales fuentes vegetales de proteína son las leguminosas y los cereales (Menchú 2012). Los valores de proteínas obtenidos reflejan un alto contenido proteico, además se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos control y T1 (ver cuadro 11). En comparación con galletas elaboradas a partir de frijol, Cruz *et al.* (2015) reportó un valor de 9.6% en galletas en las que usaron una variedad de frijol conocida como pinto saltillo. De acuerdo con la tabla de composición de alimentos del INCAP (2018). Los valores de proteína de diferentes tipos de galleta no sobrepasan del 6% para una galleta de mantequilla. Tomando en cuenta la diversidad y variedad de galletas que se encuentran en el mercado. El alto contenido de proteína en la galleta puede estar ligado a la adición de la harina de frijol, la cual representa un aproximado de 12.05% del total de la formulación para el tratamiento 1.

Dentro de la formulación usada, los ingredientes que son la principal fuente de proteína son el frijol y el huevo. El FDA y el RTCA concuerdan con que una porción de galletas equivale a 30 gramos de producto. Con los valores obtenidos se tiene que una porción compuesta de 3 galletas de 10 g cada una, se aporta el 8.21% de proteína necesaria. Además, tomando en cuenta el criterio del Anexo E, de los lineamientos para etiquetado de productos alimenticios, la galleta del T1 se puede considerar buena fuente de proteína, al poseer más de 6 g por cada 100 g de alimento (cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de proteína en porcentaje para las galletas del tratamiento control y el tratamiento 1.

Tratamiento	Proteína (%) ± D.E.	C.V.	valor P
Control	12.8567 ± 0.0208	0.16%	0.0003*
T1 (25% harina de frijol)	13.6900 ± 0.1179	0.86%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$).

Grasa total. Los lípidos son sustancias que, en general son solubles en éter, cloroformo y otros solventes orgánicos, pero que son escasamente solubles en agua (Ellefson 2017). Para los productos horneados, se destacan las siguientes funciones de la grasa dar una sensación mantecosa, riqueza y ternura para mejorar el sabor y una mejor sensación en la boca (Pareyt 2008). En la formulación utilizada las principales fuentes de grasa fueron el aceite de maíz y el huevo. No se observa diferencia significativa entre los valores obtenidos para el control como para el T1 los cuales se observan en el cuadro 12. Una galleta contiene un aproximado de 25% de grasa de acuerdo con la base de datos de la FDA; el INCAP reporta también galletas con 18% de proteína en su tabla de composición de alimentos para galletas de mantequilla. El valor obtenido en la galleta del presente estudio es inferior de acuerdo con las bases de datos consultadas; esto es contrario a lo referido por Cruz *et al.* (2015) quien reporto en su galleta un valor de 3.93% de grasa. Considerando la cantidad de porción (30 g), el aporte nutricional del T1 es de 8%.

Cuadro 12. Resultado en porcentaje para el análisis de grasa total para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Grasa (%) Media ± D.E.	C.V.	Valor P
Control	14.13 ± 1.84	13.02%	0.3868*
T1 (25% harina frijol)	15.72 ± 2.14	13.61%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*No se presentó diferencia estadística ($P > 0.05$).

Carbohidratos. Los carbohidratos poseen una importancia en los alimentos, al ser la principal fuente de energía, además de impartir propiedades texturales y fibra dietética que contribuye a la salud. (BeMiller 2017). En las formulaciones hay una gran variedad de ingredientes que aportan diferente tipo de carbohidratos. La importancia de estos varía según el tipo al que este pueda pertenecer. En este caso la importancia de su cuantificación se centra en reconocer tanto los azúcares como las fibras, por su importancia nutricional. En el caso de los azúcares para la galleta los más importantes son lo que provienen de la miel que representan un 12% aproximadamente para los tratamientos control y T1. El porcentaje de carbohidratos totales presentes en las galletas se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados de carbohidratos totales en porcentaje en 100 g de galleta para el tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Carbohidratos (%) Media \pm D.E.	C.V.	Valor P
Control	54.95 \pm 1.68	3.06%	0.1053*
T1 (25% harina frijol)	51.94 \pm 1.85	3.56%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*No se presentó diferencia estadística ($P > 0.05$).

Minerales (Hierro, Zinc). La importancia de los minerales en los alimentos radica tanto por los beneficios nutricionales, como en los aspectos tecnológicos que tengan en los alimentos. Legako (2017) indica que el hierro y el zinc son minerales traza, ya que su requerimiento diario es de microgramos al día.

El hierro posee funciones vitales en el cuerpo. Es un vehículo para el transporte de oxígeno de los tejidos desde los pulmones a través de la hemoglobina, además de ser un componente en las enzimas de varios tejidos (WHO 2004). La mayoría de hierro del cuerpo proviene del reciclado de glóbulos rojos senescentes. El hierro dietético es predominante en la forma de hierro hemo y no hemo y su absorción es en duodeno. Una pequeña porción de hierro no hemo se absorbe en el intestino pequeño (Coad *et al.* 2016). El hierro tipo hemo y no hemo se encuentra en alimentos como carne, peces, mariscos y pollo. El hierro no hemo se encuentra de manera predominante en los alimentos de origen vegetal. (Ward 2016). En el cuadro 14 se muestran los valores obtenidos para hierro tanto para el control como para el T1. El contenido de hierro de 2.67 mg/100 g por lo que basado en las directrices del RTCA se puede declarar el producto como fuente de hierro. aun así, los valores son inferiores a los presentados por Salinas (2017) quien realizó unos nachos usando el frijol Honduras nutritivo, presentando valores de hasta 6.16 mg/100 g en una formulación con un contenido de 80% de harina de frijol y 20% de harina de maíz nixtamalizado.

El zinc es un elemento que se encuentra presente en los tejidos y fluidos corporales. Es un componente esencial de varias enzimas que participan en la síntesis y degradación de carbohidratos, grasas, proteínas y ácidos nucleicos. Además, tiene un rol central en el sistema inmune (WHO 2004). La absorción del zinc se da principalmente en el intestino delgado. Los mariscos, carnes rojas, y el pollo son las principales fuentes. Otras fuentes de zinc son frijoles, nueces, productos lácteos, y algunos cereales biofortificados, siendo las principales formas de absorción el gluconato de zinc, acetato de zinc, o sulfato de zinc del cual solo el 23% es zinc elemental (Tsuji *et al.* 2016). De acuerdo con las recomendaciones de la OMS (2004) los valores requeridos de zinc para hombres usando fuentes de media biodisponibilidad es de 72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día y para mujeres es de 59 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día. De acuerdo con el RTCA (MSPAS *et al.* 2012) se debe de hacer un aporte del 10% del requerimiento diario para poder ser considerado fuente de zinc en este caso no se logró el valor mínimo dada la cantidad que presentó el producto. (Cuadro 15).

Cuadro 14. Contenido de hierro para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Fe (mg/100) g	C.V	Valor P
	Media \pm D.E.		
Control	2.57 \pm 0.20	7.78%	0.1053*
T1 (25% harina frijol)	2.67 \pm 0.16	5.99%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*No se presentó diferencia estadística ($P > 0.05$).

Cuadro 15. Contenido de zinc para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Zn (mg/100g)	C.V	Valor P
	Media \pm D.E.		
Control	1.33 \pm 0.005	0.04%	0.3933*
T1 (25% harina frijol)	1.52 \pm 0.034	2.20%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*No se presentó diferencia estadística ($P > 0.05$).

Fibra cruda y fibra dietética. La fibra dietética es la parte comestible de las plantas, o los análogos de los carbohidratos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado y con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso. (AACC 2001). De acuerdo con los lineamientos del RTCA para etiquetado, se considera un alimento excelente fuente de fibra cuando este contiene más de 6 g de fibra por 100 g de producto. Por lo tanto, se asume que la galleta es fuente de fibra al contener 20.59g de fibra por cada 100 g de alimento (Cuadro 16). El aporte por porción de fibra de 30 g de galleta para el T1 es de 25% del requerimiento diario (25 g fibra/día). Los valores obtenidos son superiores a los reportados por Cruz *et al.* (2015) ya que en la galleta que elaboraron se reporta una cantidad de 15.75% de fibra dietética total. En la formulación las principales fuentes de fibra son, la harina de trigo integral el frijol y en menor cantidad el jengibre y la ralladura de naranja lo que hace que también haya un alto contenido de fibra cruda (Cuadro 17).

Cuadro 16. Resultados en porcentaje del análisis de fibra dietética para las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Fibra % Media ± D.E.	C.V.	Valor P
Control	18.91 ± 0.914	4.80%	0.0356*
T1 (25% harina frijol)	20.59 ± 0.1859	0.90%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$).

Cuadro 17. Resultados en porcentaje para el contenido de fibra cruda de las galletas del tratamiento control y tratamiento 1.

Tratamiento	Fibra (%) ± D.E.	C.V.	Valor P
Control	3.000 ± 0.2406	8.02%	<0.0001*
T1 (25% harina frijol)	6.415 ± 0.2150	3.35%	

D.E. Desviación estándar.

C.V. Coeficiente de variación.

*Se presentó diferencia estadística ($P < 0.05$).

Análisis de costos de formulación.

Se evaluaron los costos de formulación para ambos tratamientos, los cuales se muestran en cuadro 18, en base a 0.50 kg de mezcla para el producto. El costo del tratamiento 1 es de HNL 43.90 y el del control es de HNL 67.95. se puede apreciar el costo inferior al del tratamiento T1 en comparación al control. El aumento el costo de la formulación del control se ve influida por el costo de la harina de trigo integral.

Cuadro 18. Costos de formulación en Lempiras (HNL) y Dólares Americanos (USD) para elaborar 0.50 kg de galletas para el tratamiento control y tratamiento 1.

Ingrediente	T1 (25% harina frijol)				Control			
Harina de frijol	HNL	6.96	USD	0.29	HNL	-	USD	-
Harina trigo integral	HNL	6.96	USD	0.29	HNL	32.63	USD	1.36
Agua	HNL	-	USD	-	HNL	-	USD	-
Huevo	HNL	4.68	USD	0.19	HNL	5.49	USD	0.23
Miel	HNL	11.37	USD	0.47	HNL	13.34	USD	0.56
Aceite	HNL	2.25	USD	0.09	HNL	2.63	USD	0.11
Ralladura de naranja	HNL	1.42	USD	0.06	HNL	1.67	USD	0.07
Polvo de hornear	HNL	2.80	USD	0.12	HNL	3.30	USD	0.14
Stevia	HNL	6.65	USD	0.28	HNL	7.84	USD	0.33
Canela	HNL	0.74	USD	0.03	HNL	0.86	USD	0.04
Jengibre	HNL	0.16	USD	0.01	HNL	0.19	USD	0.01
Sal	HNL	0.01	USD	0.01	HNL	0.01	USD	0.00
Total	HNL	43.98	USD	1.83	HNL	67.95	USD	2.83

Tasa de cambio: 24 Lempiras (HNL) por dólar para octubre de 2019.

4. CONCLUSIONES

- Se realizaron tres formulaciones con diferentes proporciones de harina de trigo integral y harina de frijol Honduras nutritivo, acorde a los criterios del RTCA.
- Basado en el análisis sensorial, el tratamiento 1 (25% harina de frijol, 75% harina de trigo integral), obtuvo mayor aceptación.
- El tratamiento con 25% de harina de frijol cumple con los requisitos del RTCA para ser considerado alto en proteína y alto en fibra.
- El costo de formulación del tratamiento con 25% de harina de trigo (USD 1.83) es un dólar inferior al del tratamiento control (USD 2.83).

5. RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación para determinar el nivel de saciedad al consumir las galletas como otro posible atributo favorable del consumir estas galletas.
- Realizar diferentes combinaciones de sabores naturales para las galletas lo cual podría incrementar la calidad nutricional.
- Realizar un cambio en la formulación con 75% de harina de frijol a fin de generar mayor aceptabilidad del producto.

6. LITERATURA CITADA

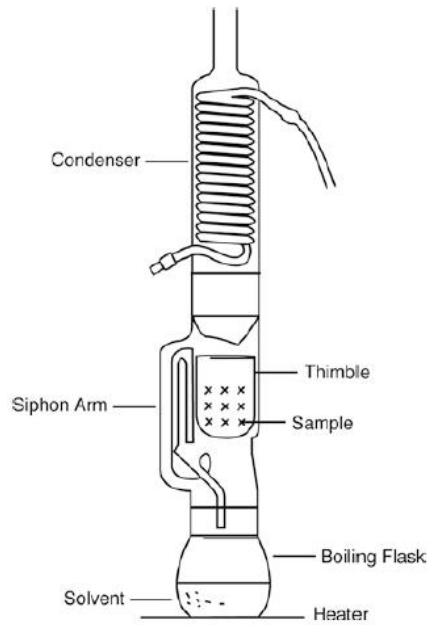
- AACC American Association of Cereal Chemist. 2001. The definition of Dietary fiber. USA: AACC. <https://www.cerealsgrains.org/initiatives/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf>.
- Bell C. 1999. Development and use of microbiological criteria for foods. London, United Kingdom: IFST. 79 p. ISBN: 0905367162. Eng.
- BeMiller JN. 2017. Carbohydrate Analysis. En: Nielsen SS, editor. Food Analysis. Vol. 28. Cham: Springer International Publishing. p. 333–360.
- Caballero B, Finglas PM TF, editores. 2016. Encyclopedia of Food and Health. [sin lugar]: Elsevier. ISBN: 9780123849533.
- Castañeda-Ovando A, Pacheco-Hernández MdL, Páez-Hernández ME, Rodríguez JA, Galán-Vidal CA. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry. 113(4):859–871. doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.001.
- Coad J, Stewart R, Pedley K. 2016. Iron: Physiology of Iron. En: Caballero B, Finglas PM TF, editores. Encyclopedia of Food and Health. Elsevier. p. 461–467.
- Constantin OE, Istrati DI. 2018. Functional Properties of Snack Bars. IntechOpen. 5 de nov. de 2018; [actualizado el 5 de nov. de 2018]. <https://www.intechopen.com/citation-pdf-url/63677>. doi:10.5772/intechopen.81020.
- Cruz Bravo RK, Guzmán Maldonado SH, Herrera MD, Cid Ríos JA, Juárez García M. 2015. Galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica. 1ra. México DF: [sin editorial]. ISBN: 978-607-37-0473-1.
- DeVries JW. 2003. On defining dietary fibre. Proc Nutr Soc. 62(1):37–43. eng. doi:10.1079/PNS2002234.
- Ellefson WC. 2017. Fat Analysis. En: Nielsen SS, editor. Food Analysis. Vol. 226. Cham: Springer International Publishing. p. 299–314.
- Emilia Constantin O, Ionela Istrati D. 2019. Functional Properties of Snack Bars. En: Lagouri V, editor. Functional Foods. IntechOpen.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, IFAD International Found for Agriculture Developed, UNICEF United Nations Children's Fund, WFP World Food Program, WHO World Health Organization. 2019. The State of food Security and Nutrition in the World 2019: Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Roma: FOOD & AGRICULTURE ORG. ISBN: 978-92-5-131570-5.

- CFR - Code of Federal Regulations Title 21. US-FDA. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.12> (2018 abr. 1).
- González Teo YE. nov. 2018. Desarrollo de pastas alimenticias tipo caracol a base de harina de maíz nixtamalizado (*Zea mays*) y de frijol Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*). [Tesis]. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Agroindustria Alimentaria.
- Gregori D, Foltran F, Ghidina M, Berchiolla P. 2011. Understanding the influence of the snack definition on the association between snacking and obesity: a review. *Int J Food Sci Nutr.* 62(3):270–275. eng. doi:10.3109/09637486.2010.530597.
- Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. 2015. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *J Food Sci Technol.* 52(2):676–684. eng. doi:10.1007/s13197-013-0978-y.
- Harris GK, Marshall MR. 2017. Ash Analysis. En: Nielsen SS, editor. *Food Analysis*. Vol. 173. Cham: Springer International Publishing. p. 287–297.
- IFICF International Food Information Council Foundation. 2016. Food decision 2016. Estados Unidos: IFICF. <https://foodinsight.org/2016-food-and-health-survey-food-decision-2016/>.
- INCAP Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, Menchú MT, Méndez H. 2018. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 3ra. Guatemala: INCAP. ISBN: 978-9929-701-17-5.
- Kent M. 2016. *Food and fitness: A dictionary of diet and exercise*. 2 ed. [Oxford]: Oxford University Press. 1 online resource. ISBN: 9780191803239.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K. 2010. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry.* 120(4):945–959. doi:10.1016/j.foodchem.2009.11.052.
- Lagouri V, editor. 2019. *Functional Foods*. [sin lugar]: IntechOpen. ISBN: 978-1-83881-149-5.
- MacLean WC, Warwick P. 2003. *Food energy: Methods of analysis and conversion factors report of a technical workshop, Rome, 3-6 December 2002*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. vi, 87 (FAO food and nutrition paper; vol. 77). ISBN: 9251050147.
- Márquez Quiroz C, Guillén Molina M, De la Cruz-Lázaro E. 2015. Biofortificación de cultivos: una alternativa que contribuye a la seguridad Alimentaria y nutricional. 1ra. Estado de Durango, México: Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango. 3 vol. (Tópicos selectos de Sustentabilidad: un reto permanente; III). ISBN: 978-607-503-186-6.
- Mauer LJ, Bradley RL. 2017. Moisture and Total Solids Analysis. En: Nielsen SS, editor. *Food Analysis*. Vol. 83. Cham: Springer International Publishing. p. 257–286 (Food Science Text Series).

- Menchú M TB. 2012. Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP. Segunda Edición. Guatemala: INCAP. ISBN: 978-99922-960-5-9.
- RTCA Reglamento Técnico Centroamericano. Alimentos, Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos (2009 mar. 20).
- Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años (2012).
- Nielsen SS, editor. 2017. Food Analysis. Cham: Springer International Publishing (Food Science Text Series). ISBN: 978-3-319-45774-1.
- OMS Organización Mundial de la Salud. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd ed. Geneva, Roma: World Health Organization; Food and Agricultural Organization of the United Nations. ISBN: 92-4-154612-3.
- OPS Organización Panamericana de Salud: OMS Organización Mundial de la Salud Plan de Acción para la prevención de la Obesidad en la Niñez y la Adolescencia. OPS, OMS (2014 oct. 3). [Consultado 16 de ago. 2019].
<https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/Obesity-Plan-Of-Action-Child-Spa-2015.pdf>
- Pareyt B, Delcour JA. 2008. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. Crit Rev Food Sci Nutr. 48(9):824–839. eng. doi:10.1080/10408390701719223.
- Peguero Pérez FE. dic. 2007. Perfil de antocianinas de tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en Honduras [Tesis]. Honduras, Francisco Morazán: Zamorano, Agroindustria Alimentaria.
- Salinas Laura, SA. nov. 2017. Desarrollo de un snack a base de harinas de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*) y maíz nixtamalizado (*Zea mays*). [Tesis]. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Agroindustria Alimentaria.
- Sebastian RS, Goldman JD, Wilkinson ED. 2010. Snacking Paatterns of U.S. Adolecents: What we eat in America. United States: US FDA. NHANES 2005-2006. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400530/pdf/DBrief/2_adolescents_snacking_0506.pdf.
- Sharif MK, Butt MS, HR Sharif. 2017. Sensory Evaluation and Consumer Acceptability. [Consultado 28 de jul 2019].
https://www.researchgate.net/publication/320466080_Sensory_Evaluation_and_Consumer_Acceptability
- Tsuji PA, Canter JA, Rosso LE. 2016. Trace Minerals and Trace Elements. En: Caballero B, Finglas PM TF, editores. Encyclopedia of Food and Health. [sin lugar]: Elsevier. p. 331–338.
- Ward RJ, Crichton RR. 2016. Iron: Properties and Determination. En: Caballero B, Finglas PM TF, editores. Encyclopedia of Food and Health. [sin lugar]: Elsevier. p. 468–475.
- Wrolstad RE, Smith DE. 2017. Color Analysis. En: Nielsen SS, editor. Food Analysis. Vol. 50. Cham: Springer International Publishing. p. 545–555.

7. ANEXOS

Anexo 1. Aparato de extracción Soxhlet.



Anexo 2. Galletas elaboradas, de izquierda a derecha Control, T1 (25% frijol), T2 (50% frijol), T3 (75% frijol).



Anexo 3. Boleta utilizada para el análisis sensorial.

GALLETA NUTRICIONAL

ALERTA ALERGENO producto contiene gluten

Código:

Edad:

Nacionalidad:

Indicaciones: A continuación, se le presentan cuatro muestras de galleta y un vaso con agua. Limpie su paladar con agua antes y después de cada muestra. Por favor anote el código de la muestra, y evalúe las muestras de izquierda a derecha. Marque con una "X" de acuerdo con su evaluación. Al final ordene de mayor a menor según su preferencia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	ni me disgusta/ni me gusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente

Código de la muestra: _____

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

Comentario:

Código de la muestra: _____

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

Comentario:

SIGUIENTE PAGINA

Código de la muestra: _____

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

Comentario:

Código de la muestra: _____

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

Comentario:

Ordene las muestras de mayor a menor según su preferencia final, escribiendo el código en los espacios provistos.

1. _____ (mayor preferencia)
2. _____
3. _____
4. _____ (menor preferencia)

Comentarios:

****Gracias por su colaboración****

Anexo 4. Análisis de correlación para los atributos evaluados en el análisis sensorial.

	Apariencia	Color	Textura	Olor	Sabor	Gen.
Apariencia	1.00000 <.0001	0.83204 <.0001	0.56660 <.0001	0.44962 <.0001	0.50382 <.0001	0.61692 <.0001
Color	0.83204 <.0001	1.00000	0.52998 <.0001	0.46037 <.0001	0.46250 <.0001	0.60539 <.0001
Textura	0.56660 <.0001	0.52998 <.0001	1.00000	0.40074 <.0001	0.67149 <.0001	0.75139 <.0001
Olor	0.44962 <.0001	0.46037 <.0001	0.40074 <.0001	1.00000	0.40044 <.0001	0.49427 <.0001
Sabor	0.50382 <.0001	0.46250 <.0001	0.67149 <.0001	0.40044 <.0001	1.00000	0.81072 <.0001
A. General	0.61692 <.0001	0.60539 <.0001	0.75139 <.0001	0.49427 <.0001	0.81072 <.0001	1.00000

