

**Desarrollo de una pasta corta a partir de
frijol biofortificado Honduras Nutritivo
(*Phaseolus vulgaris L.*) y arroz (*Oryza sativa*)**

Otto Willian Valle Ruiz

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de una pasta corta a partir de
frijol biofortificado Honduras Nutritivo
(*Phaseolus vulgaris L.*) y arroz (*Oryza sativa*)**

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

Otto Willian Valle Ruiz

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2019

Desarrollo de una pasta tipo corta a partir de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris L.*) y arroz (*Oryza sativa*)

Otto Willian Valle Ruiz

Resumen. La pasta es un alimento que generalmente se elabora con sémola de trigo y es muy importante en la dieta humana por que proporciona energía y nutrientes necesarios para las funciones del organismo. El objetivo de la investigación fue desarrollar una pasta a partir de arroz y frijol biofortificado. Se evaluaron tres tratamientos con diferentes porcentajes de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) y un control (HA). Los tratamientos fueron las formulaciones 80:20 (HA:HF), 70:30 (HA:HF), 60:40 (HA:HF). Se realizaron análisis microbiológicos, sensorial de aceptación y fisicoquímicos (textura, color, actividad de agua, aumento de peso, aumento de volumen, tiempo de cocción y proximal completo). Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos y el control estuvieron por debajo de los límites microbiológicos permitidos. Las pastas a base de HA y HF obtuvieron una aceptación de “ni me gusta, ni me disgusta”. La adición de HF a la formulación aumento el tiempo de cocción respecto al control. A medida aumento la HF en la formulación el aumento de peso y volumen disminuyeron. El tratamiento 60:40 (HA:HF) presento alto contenido de fibra cruda cubriendo el 68 % del valor diario (%DV). Los tratamientos 70:30 (HA:HF) y 60:40 (HA:HF) presentaron niveles altos de hierro y fuente zinc, cubriendo más del 20% del valor diario (%DV). Se recomienda utilizar diferentes tipos de gomas para mejorar la textura y realizar un análisis sensorial con la adición de salsa y condimento a la pasta.

Palabras clave: Almidón, hidrocoloide, pasta no convencional, sinergia, sin gluten.

Abstract. Pasta is a kind of food that is usually elaborated with wheat semolina, and it is very important in human diet because it provides energy and nutrients necessary for the body's functions. The objective of the research was to develop a pasta from biofortified rice and beans. Three treatments were evaluated with different percentage of rice flour (HA), bean flour (HF) and a control (HA). The treatments were formulations with 80:20 (HA:HF), 70:30 (HA:HF), 60:40 (HA:HF). Microbiological, sensory acceptance and physicochemical analyzes were performed (texture, color, water activity, weight gain, volume increase, cooking time and proximal composition). A Random Complete Block design was used with four treatments and three replicates. The treatments and control were below the allowed microbiological limits. HA and HF based pastas obtained an acceptance results of "I don't like it, I don't dislike it." The addition of HF to the formulation increased the cooking time with respect to the control. When the HF increased in the formulation the increase in weight and volume decreases. The 60:40 (HA: HF) treatment has a high crude fiber content covering 68% of the daily value (%DV). The 70:30 (HA: HF) and 60:40 (HA: HF) treatments had high levels of iron and zinc, covering more than 20% of the daily value (% DV). It is recommended to use different types of gum to improve texture and perform a sensory analysis with the addition of sauce and seasoning to the pasta.

Key words: Hydrocolloid, starch, synergy, unconventional pasta, without gluten.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES	23
5. RECOMENDACIONES	24
6. LITERATURA CITADA.....	25
7. ANEXOS	33

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de tratamientos para el desarrollo de pasta corta tipo caracoles de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	4
2. Resultados del análisis sensorial del control (HA) y la pasta de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	11
3. Resultados de aumento de peso, aumento de volumen y tiempo de cocción del control y las pastas de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	15
4. . Resultados de análisis de color en la escala CIE L* a* b* del control y las pastas de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF) con mayor aceptación en la prueba sensorial.	16
5. Resultados análisis microbiológicos para el control y los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	18
6. Resultados del análisis de hierro y zinc para los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	20
7. Comparación de análisis proximal de la pasta de harina de arroz (control), pasta de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF), pasta de harina de arroz (HA) y harina de quínoa (HQ) y pasta de sémola de trigo (ST), harina de maíz (HM), harina de frijol y almidón de yuca (AY).	22
Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de pasta corta tipo caracol.	5
2. Resultados de análisis de fuerza de deformación del control y la pasta a base de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).	17
3. Resultado de análisis de actividad de agua (Aw) del control y los tratamientos de harina de arroz (HF) y harina de frijol biofortificado (HF).	18
Anexos	Página
1. Hoja de evaluación sensorial.....	33
2. Ficha Técnica de Frijol Honduras Nutritivo.....	34
3. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial.....	35

1. INTRODUCCIÓN

La pasta es uno de los alimentos italianos más frecuentes en el mundo y su consumo está muy extendido a nivel mundial, su popularidad se debe a su versatilidad, simplicidad de uso y bajo costo (Ferreira y Reis 2014). La pasta de sémola es un alimento de consumo masivo, pero el valor biológico de su proteína es bajo, dada la deficiencia de lisina en la proteína de trigo (Astíza *et al.* 2010). Cien gramos de pasta proporcionan una contribución energética de alrededor de 360 kcal, de las cuales alrededor del 70% en forma de carbohidratos complejos, un contenido de proteínas del 10-13% y un contenido de grasa insignificante. Por lo tanto, la pasta es una fuente importante de azúcar (carbohidratos), energía pura para las funciones de todo el cuerpo (AIDEPI 2012).

Según el Gran View Reseach (2018) el tamaño global del mercado de pasta y fideos se valoró en USD 59.6 mil millones en 2016 y se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 3.6% durante el período de pronóstico (2014 a 2025). El reporte World Pasta Day elaborado por la International Pasta Organization (IPO) (2018) indica que los mercados de crecimiento más dinámicos se encuentran en Asia (8.6%), África (2.6%), Estados Unidos es el mercado de pasta más grande, con 2.7 millones de toneladas de pasta y siendo los italianos los mayores consumidores con un consumo per capita de 23.5 kg lo que significa 1.4 millones de toneladas en total.

El empleo de harinas compuestas (harinas sin gluten) permite diseñar alimentos con un alto contenido en proteína, fibra y minerales, entre otros (Capriles *et al.* 2016). Se ha estudiado el desarrollo de pastas no convencionales las cuales están hechas de una matriz o combinación de matrices diferentes al trigo, haciendo una sustitución parcial o total de la sémola de trigo. Según Teterycz *et al.* (2019) un aumento en la cantidad de harina de leguminosas en la formulación de pasta causa un aumento significativo en el contenido de fibra dietética, cenizas, proteínas y aminoácidos esenciales, incluida la lisina. Sin embargo, la sustitución del gluten, que contiene las prolaminas, presenta un desafío para la obtención de productos de buena calidad (Capriles *et al.* 2016).

Existen dos maneras de producir alimentos libres de gluten: una es utilizar ingredientes libres de gluten y la otra es remover el gluten de los ingredientes que lo contengan (Arendt y Dal Bello 2008). Entre los cereales considerados aptos para ser consumidos por la población celíaca y en dietas especiales se encuentra el arroz, el amaranto y el sorgo ya que no contienen gluten (Lamacchia *et al.* 2014)

Para compensar la falta de gluten y tener la capacidad de formar una red proteica estos ingredientes deben combinarse con agentes ligantes de agua y espesantes, como goma de algarrobo, goma guar, pentosanós, goma xantán y almidones modificados (Arendt y Dal

Bello 2008). La Goma xantan y goma guar proporcionan una alta viscosidad en solución a concentraciones bajas, fácilmente solubles en agua caliente o fría, estable en amplios rangos de temperatura, no es afectada por el pH y es resistente a degradación enzimática (Bristhar 2013).

El arroz (*Oryza sativa*) tiene como principal nutriente los hidratos de carbono, aunque también aporta minerales, vitaminas (niacina y tiamina) y proteína en bajas cantidades (Mosquera *et al* 2012). Se encuentra entre los cereales más adecuados para el desarrollo de productos sin gluten, ya que su harina se caracteriza por poseer un sabor suave, color blanco, es fácilmente digerible y tiene propiedades hipoalergénicas. Además, posee bajos niveles de sodio e hidratos de carbono fácilmente digeribles (Morán y Soledispa 2013).

El frijol constituye una de las principales fuentes nutricionales en la dieta de grandes segmentos de la población, ya que constituye una fuente de proteínas e hidratos de carbono natural; además es abundante en niacina, ácido fólico y tiamina del complejo B; también proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio, contiene un alto contenido de fibra (Sagerman *et al.* 2010).

Una oportunidad para incrementar los valores nutritivos de los productos, es utilizar frijol biofortificado, por su mayor contenido de hierro y zinc. La biofortificación es un proceso mediante el cual se aumenta, a través de fitomejoramiento o prácticas agronómicas, la densidad de vitaminas y minerales de un cultivo (Villeda 2017). Para este estudio se utilizó la variedad Honduras Nutritivo. Según Estévez (2016), es una variedad de frijol con alta densidad nutricional por su contenido de proteína, zinc (5.02 mg/100g) y alto contenido de hierro (8.17 mg/100g).

El siguiente estudio propone el desarrollo de una pasta a base de harina de arroz y harina de frijol biofortificado con mayor aporte de hierro y zinc. Los objetivos para este estudio fueron los siguientes:

- Estandarizar un proceso para la elaboración una pasta a partir de frijol biofortificado y arroz.
- Determinar el aporte de hierro y zinc de una pasta a partir de frijol biofortificado y arroz.
- Determinar la aceptación sensorial de una pasta de frijol biofortificado y arroz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El proyecto se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Agroindustria alimentaria en las instalaciones de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos y el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ). Km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

Materiales.

Se utilizó la variedad de frijol biofortificado Honduras Nutritivo, donado por la unidad de Fitomejoramiento del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se usó harina de arroz Omoa producida en El Salvador, goma guar y goma xantan obtenidas de Distribuidoras del Caribe, Honduras. Y como control una pasta de arroz comercial de marca Roma.

Elaboración de la harina de frijol.

Con el objetivo de reducir el tiempo de cocción, ablandar el producto (De la Cruz 2010) y para reducir la cantidad de antocianinas y polifenoles (López y Bressani 2008) los granos de frijol se dejaron en remojo por 18 horas. Esta etapa de proceso consistió en introducir los frijoles en agua potable a 23 °C con una proporción de 2000 mL de agua por kilogramo de frijol. Posteriormente, los frijoles se cocinaron durante 1 hora y 30 minutos a 85 °C en una marmita eléctrica marca VULCAN modelo VEC10TW.

Los frijoles cocidos fueron refrigerados a 4 °C por 18 horas con el fin de estabilizar los componentes como grasa y almidón del grano hinchado. Según Miranda *et al.* (2013) la viscosidad del almidón disminuye cuando se somete al almidón del grano a 70 °C a un proceso de hinchado y luego se rompe por medio de un proceso de mezclado o molienda. También, Muñoz *et al.* (2014) exponen que la acción mecánica a altas temperaturas tiene un efecto sobre la oxidación de lípidos, el cual, es percibido en parámetros como el color, olor, sabor y textura

Los frijoles previamente refrigerados, fueron molidos en el procesador de alimentos HOBART modelo FP41 hasta obtener una mezcla homogénea. La mezcla fue secada en un deshidratador Excalibur por 6 horas a 66 °C, luego se dejó enfriar dentro del deshidratador a temperatura ambiente por 2 horas. Posteriormente, el puré de frijol deshidratado fue molido en el procesador de alimentos HOBART modelo FP41, se utilizó un tamiz marca

Gilson No. 30 para obtener un tamaño de partícula homogéneo de 600 μm . Finalmente, se almaceno la harina en bolsas marca Ziploc a 37 °C y 92% HR medido con un termohidrómetro Thomas Scientific® 4184 ABS.

Pruebas preliminares.

Se realizaron ocho pruebas preliminares para determinar las formulaciones a ser evaluadas en el estudio. Las materias primas empleadas fueron: harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF). Como emulsificantes se utilizaron hidrocoloides goma guar y goma xantan. Se utilizaron formulaciones de 50:50 HA:HF, 55:45 HA:HF, 90:10 HA:HF, 80:20 HA:HF, 70:30 HA:HF, 60:40 HA:HF, 30:70 HA:HF y 20:80 HA:HF, para la gomas se utilizaron por separado 1% de goma xantan y 2% de goma guar, en conjunto con una relación 1:2 de goma xantan y goma guar respetivamente. Se observó si cada formulación permitía una pasta sin quiebres después del proceso extrucción y deshidratado. También, se observó la consistencia de pasta después de ser cocida. Se seleccionaron como tratamientos las tres formulaciones que permitieron conservar la forma de caracol en la pasta.

Elaboración de la pasta.

La pasta tipo caracol se elaboró según el flujo de proceso descrito en la figura 1. Se trabajó con tres formulaciones diferentes variando en estas la proporción de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF): la primera contenía 80% HA y 20% HF, la segunda 70% HA y 30% HF y la tercera 60% HA y 40% HF. Los porcentajes de las harinas están distribuidos en el 45% que representan las harinas en la formulación de la pasta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación de tratamientos para el desarrollo de pasta corta tipo caracoles de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

Materia Prima	Cantidad (%)		
	80:20 (HA:HF)	70:30 (HA:HF)	60:40 (HA:HF)
Agua	52.00	52.00	52.00
Harina de Arroz	36.00	31.50	27.00
Harina de frijol	9.00	13.50	18.00
Goma guar	2.00	2.00	2.00
Goma xantan	1.00	1.00	1.00
Total (%)	100.00	100.00	100.00

Pesado. Se pesó la cantidad de materias primas necesarias para elaborar 300 g de masa. Las materias primas fueron pesadas en una balanza OHAUS Ranger® 3000. El agua represento el 52% de la fórmula, las harinas el 45%, la goma guar el 2% y la goma xantan el 1%.

Mezclado. Se utilizó la mezcladora HOBART modelo A200. Primero se mezclaron las harinas y las gomas durante 4 minutos a 60 rpm (González 2018). Después se añadió el agua y se mezcló durante 5 minutos a 60 rpm hasta obtener una masa homogénea.

Extruido. Se utilizó la extrusora ITALVISA modelo Pastalia 2. Se realizó la pasta utilizando la boquilla tipo caracol con un flujo constante por medio de un tornillo sin fin. El corte se realizó de forma manual con una frecuencia de 30 caracoles por minuto.

Deshidratado. Se utilizó un deshidratador de bandejas Excalibur. El deshidratado se realizó a 61 °C por 2 horas. Se tomaron de muestra 5 caracoles por bandeja y se quebraron para observar si hubo una deshidratación homogénea hasta el centro de la pasta. Se dejó enfriar la pasta dentro del deshidratado a temperatura ambiente por 1 hora y 30 minutos. Finalmente, se almacenó en bolsas herméticas marca Ziploc para evitar la contaminación del producto y la absorción de humedad del ambiente. Las condiciones de almacenamiento fueron 37 °C y 92% HR medido con un termo-higrómetro Thomas Scientific® 4184 ABS.

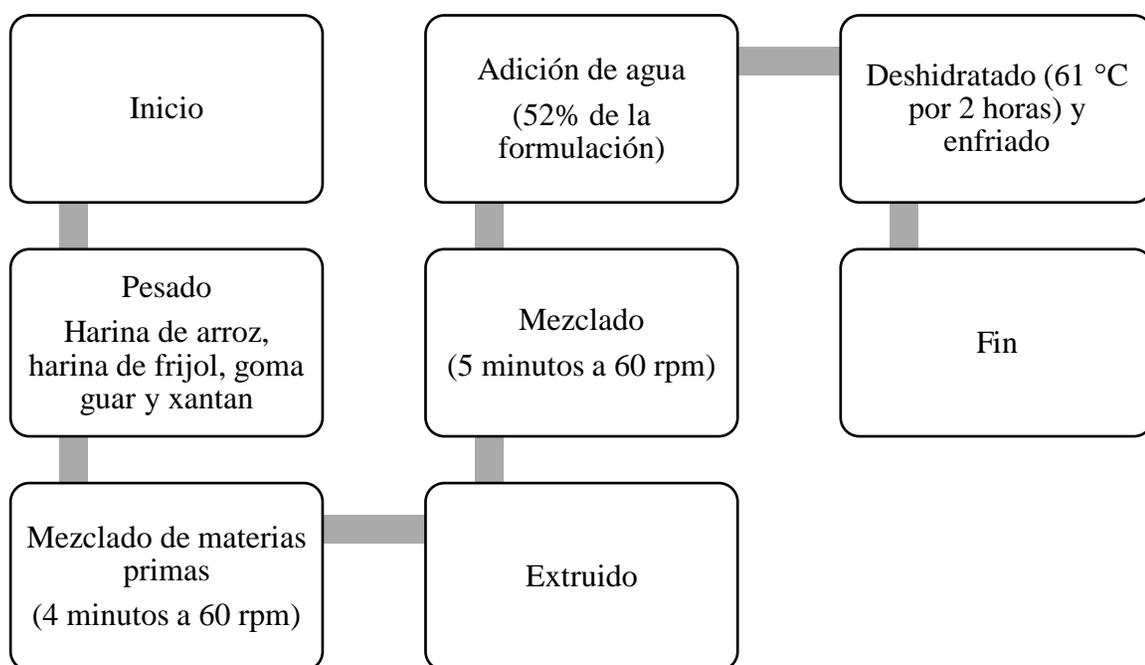


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de pasta corta tipo caracol.

Análisis microbiológicos.

Se realizaron análisis microbiológicos al control y los tratamientos de harina de arroz y harina de frijol para coliformes totales, hongo y levaduras según lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 para pasta secas. Se utilizó el método de vaciado en placa según el procedimiento descrito por Camacho *et al.* (2009a, 2009b).

Evaluación sensorial.

Se realizó un análisis sensorial de aceptación de los tres tratamientos y el control, mediante una escala hedónica de 9 puntos, donde el nivel de aceptabilidad se evaluó dentro del rango 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”. Para este ensayo se

utilizó un panel no entrenado de 100 personas. Los atributos a evaluar fueron: apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general (Vedia 2014). El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de análisis sensorial con tres repeticiones. Los tratamientos fueron evaluados después del proceso de cocción sirviendo a cada panelista 10 g de cada pasta a evaluar, libres de aderezos y servido en copas de 2 onzas.

Análisis físicos-químicos.

Se realizaron análisis de aumento de peso, aumento de volumen y tiempo de cocción, para todos los tratamientos y el control. Luego del análisis sensorial se seleccionaron los dos tratamientos con mayor aceptación general siendo estos 60:40 (HA:HF) y 70:30 (HA:HF) a los cuales, se les realizaron análisis de fuerza de deformación, color, actividad de agua y minerales (hierro y zinc). El análisis proximal (ceniza, humedad, proteína cruda, fibra cruda) se le realizó únicamente al tratamiento 60:40 (HA:HF), por ser el tratamiento con mayor proporción de HF en su formulación.

Cocción de pasta. El tiempo de cocción de la pasta se realizó por triplicado a cada uno de los tratamientos en las tres repeticiones de acuerdo con el método de cocción AACCC 66-50 (anteriormente 16-50) con una adaptación del autor. Los parámetros a evaluar fueron aumento de peso (AP), aumento de volumen (AV) y tiempo de cocción (TC). Estos parámetros se determinaron hirviendo 3 g de muestra en 140 mL de agua destilada a 92 °C, hasta lograr la cocción que se caracteriza por la gelatinización de la pasta (AACCC 1999). Para determinar el tiempo de cocción se observó la gelatinización de la pasta y se determinó por compresión del producto entre dos porta objetos y se evaluaron los siguientes aspectos (Vedia 2014):

- Línea de sólidos que se forman en el medio de la olla.
- Pegajosidad en la pasta al momento de comprimirlo.

Aumento de peso. Para determinar el incremento de peso de la pasta se tomaron 3 g de muestra cruda, la cual se cocinaron hasta que se gelatinizó el almidón y se tomará el peso de estos. El aumento de peso se determinó usando la ecuación 1 del método AACCC 66-50 (AACCC 1999):

$$Ap = \frac{P2-P1 \times 100}{P2} \quad [1]$$

Donde:

P1= Peso de la pasta cruda.

P2= Peso de la pasta cocida.

Aumento de volumen. Para realizar el análisis de volumen se midió el largo, ancho y grosor de la pasta en crudo y cocido de cada tratamiento. El objetivo fue evaluar el incremento en volumen causado por la absorción de agua durante la cocción. El aumento del volumen de la pasta se determinó mediante la ecuación 2.

$$A_v = \frac{V_2 - V_1}{V_2} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

V1 = Volumen de pasta crudos.

V2 = Volumen de pasta cocida.

Textura. Se realizó utilizando el medidor de textura Brookfield CT3 de acuerdo con el protocolo del fabricante Brookfiel (2018) con adaptaciones del autor. Los parámetros utilizados fueron los siguientes: valor meta del 25%, carga de activación 0.3 N (Newton), velocidad de prueba 5.00 mm/seg, ajuste de barra 26.9 mm. Se trabajó con la sonda TA3/100. El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para los tratamientos 60:40 (HA:HF), 70:30 (HA:HF) y el control.

Color. Se realizó con el método de espectrofotómetro con un colorímetro Colorflex Hunter Lab y su software Hunter Lab Universal Software versión 4.00. La medición de color se realizó utilizando 5 g de muestra seca previamente molida en un mortero de porcelana y la escala CIE L* a* y b*. Donde el valor L* va de 0 a 100 y mide la claridad, que tan negro o blanco es el objeto, siendo 0 negro y 100 blanco. El valor a* mide en el espectro visible los colores del verde al rojo, siendo a* (-) verde y a* (+) rojo. El valor b* mide los colores del espectro que van del azul a amarillo, siendo * (-) azul y b* (+) amarillo, según el manual del fabricante. El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para los tratamientos 60:40 (HA:HF), 70:30 (HA:HF) y el control.

Proteínas. Se utilizó el método AOAC 2001.11. Este método está basado en el método de Kjeldahl. Se utilizaron 1 g \pm 0.0050 g de muestra y se sometieron por tres fases: digestión con ácido sulfúrico, destilación con amoníaco y titulación con ácido clorhídrico. Los cálculos se realizaron según el método AOAC 2001.11 (AOAC 2005). El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para el tratamientos 60:40 (HA:HF).

Cenizas. Método oficial AOAC 923.03 por incineración en seco. Se utilizó un Incinerador Sybron a 550 °C. Se dejó incinerar el crisol de porcelana por 5 horas para eliminar la humedad. Se pesaron los crisoles antes de agregar 3.000 g \pm 0.0050 g de la muestra. Se agregaron las muestras y se introdujeron los crisoles en el incinerador a 550 °C por seis horas o hasta que se produjo cenizas color gris. Después, de transcurridas las seis horas se pasaron los crisoles del incinerador a un desecador por 15 min para su enfriamiento. Finalmente, se pesaron los crisoles y se realizaron los cálculos correspondientes (AOAC 2005). El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para el tratamientos 60:40 (HA:HF).

Minerales. Método oficial AOAC 985.35 por espectrometría de absorción atómica. Se prepararon las muestras según lo indicado por el método. Se utilizaron las cenizas obtenidas en el análisis de cenizas (AOAC 2005). Para la lectura de hierro (Fe) y zinc (Zn) se enviaron las muestras preparadas en el LAAZ al Laboratorio de Suelos de la carrera de Ciencia y

Producción Agropecuaria, Zamorano. El análisis se realizó por duplicado por tres repeticiones para los tratamientos 60:40 (HA:HF) y 70:30 (HA:HF).

Humedad. Se realizó de acuerdo al método oficial AOAC 952.08. Se utilizó un horno de incineración en seco Fisher Scientific. Se agregaron $3.000 \text{ g} \pm 0.0050 \text{ g}$ de muestra a los crisoles de porcelana, luego se metieron los crisoles al horno a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 18 – 24 horas. Finalmente, se sacaron los crisoles y se dejaron enfriar en los desecadores por 15 min (AOAC 2005). El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para el tratamientos 60:40 (HA:HF).

Fibra cruda. Método oficial AOAC 962.09. Se utilizó la balanza analítica con 0.001g de resolución, horno de convección a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, aparato de digestión, bomba de vacío, estufa y agitador magnético. Para los reactivos y solventes, se utilizó la solución de ácido sulfúrico solución de hidróxido de sodio libre o casi libre de Na_2CO_3 , alcohol al 95% y éter de petróleo. Para la preparación de la muestra se molió la muestra y se tamizó hasta $600 \mu\text{m}$ y se pesó $1 \text{ g} \pm 0.0050 \text{ g}$ de muestra, luego se introdujo la muestra en las bolsas de digestión. Para el proceso de digestión, las muestras fueron transferidas las bandejas del digestor y se añadieron de 800 mL de agua destilada con 200 mL de ácido sulfúrico a 1.25% hirviendo y se colocó en el aparato de digestión por 45 minutos, luego se realizaron tres lavados con agua destiladas por 5 minutos cada uno y se añadió hidróxido de sodio a 1.25% hirviendo en el aparato de digestión por 45 minutos, se realizaron nuevamente tres lavados con agua destiladas por 5 minutos. Se sumergieron las muestras en acetona por 5 minutos y se dejaron secar en papel toalla por 15 minutos, después se introdujeron las muestras al horno de convección de 15 a 18 horas. (AOAC 2005). Finalmente, se dejaron enfriar las muestras en un desecador y se tomaron los datos.

Actividad de agua. Método oficial AOAC 978.18 (AOAC 2005). Se determinó el parámetro según el proceso del Laboratorio de Análisis de Alimentos LAA-1210-27. Se utilizó un Aqualab modelo 3TE con punto de rocío. Se utilizó un estándar de 0,50 Aw. Se colocaron en la bandeja del equipo una muestra de pasta seca y se obtuvieron los resultados. El análisis se realizó por duplicado para las tres repeticiones para los tratamientos 60:40 (HA:HF), 70:30 (HA:HF) y el control.

Diseño experimental.

La investigación se llevó a cabo evaluando de tres tratamientos y un control, siendo los 3 tratamientos la pasta no convencional de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) y el control la pasta comercial. Se usó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) para el análisis sensorial, donde los bloques fueron cada repetición; para este experimento se realizaron tres repeticiones por tratamiento y el control. Para determinar el tratamiento con mayor aceptación en la prueba sensorial se ejecutó un análisis de varianza (ANDEVA) con nivel de probabilidad del 95% ($\alpha < 0.05$) y separación de medias con una prueba Duncan para el análisis sensorial, análisis físicos y químicos, utilizando el programa SAS[®] versión 9.4 (Statistical Analysis System).

Se realizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) para los análisis físico-químicos, donde los bloques fueron cada repetición; para este experimento se realizaron tres repeticiones y se evaluaron los dos tratamientos mejores evaluados en la prueba sensorial y el control. Se ejecutó un análisis de varianza (ANDEVA) con nivel de probabilidad del 95% ($\alpha < 0.05$) y separación de medias con la prueba Duncan para el análisis sensorial, análisis físicos y químicos, utilizando el programa SAS[®] versión 9.4 (Statistical Analysis System).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar las pruebas preliminares, se seleccionaron los tratamientos compuestos por 80% harina de arroz y 20% harina de frijol (80:20 HA:HF), 70% de harina de arroz y 30% de harina de frijol (70:30 HA:HF) y 60% de harina de arroz con 40% harina de frijol (60:40 HA:HF) ya que presentaron una pasta sin quiebres después del proceso de extrusión y deshidratado, una mejor consistencia y forma después de ser cocida. Cada formulación está en base al 45% que representa la mezcla de harina en las formulaciones (cuadro 1). Los hidrocoloides (gomas) son sustitutos de gluten en la formulación de pasta sin gluten debido a que tienen propiedades específicas como la mejora de la textura, la capacidad de retardar y controlar la formación de cristales de hielo y cristales de azúcar, la estabilización de emulsiones y espumas, el aumento de la viscosidad y la capacidad de retención de agua (But 2015). El contenido de goma guar y goma xantan fue regulado de acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA 2012), el cual, indica para alimentos a base de leguminosas el uso de goma guar hasta 20,000 mg por kg de alimento y de 10,000 mg por kg de alimento para goma xantan.

Análisis sensorial.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis sensorial, se puede observar en el cuadro 2 que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en el atributo de color. Para los atributos de apariencia, olor, sabor, textura y aceptación general no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos de harina de arroz y harina de frijol, pero si hay diferencia de los tratamientos respecto al control en los atributos antes mencionados. Los tratamientos y el control se evaluaron con una escala hedónica con 1 “me desagradó extremadamente” y 9 “me agrada extremadamente”. Las bajas puntuaciones obtenidas tanto para los tratamientos como el control, pudo ser debido a que fueron presentados a los panelistas sin la adición de salsa de tomate o condimentos que normalmente se agrega a la pasta.

Cuadro 2. Resultados del análisis sensorial del control (HA) y la pasta de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

Tratamientos	Atributos					
	Apariencia ± D.E	Color ± D.E	Olor ± D.E	Sabor ± D.E	Textura ± D.E	Aceptación ± D.E
80:20 (HA:HF)	5.12 ± 1.73 ^b	5.18 ± 1.66 ^c	5.64 ± 1.31 ^b	5.25 ± 1.73 ^b	5.20 ± 1.67 ^b	5.21 ± 1.27 ^b
70:30 (HA:HF)	5.43 ± 1.61 ^b	5.31 ± 1.56 ^{bc}	5.60 ± 1.49 ^b	5.62 ± 1.75 ^b	5.34 ± 1.80 ^b	5.37 ± 1.50 ^b
60:40 (HA:HF)	5.59 ± 1.70 ^b	5.86 ± 1.74 ^b	5.67 ± 1.61 ^b	5.43 ± 1.69 ^b	5.07 ± 2.03 ^b	5.71 ± 1.43 ^b
Control (HA)	6.85 ± 1.50 ^a	7.08 ± 1.25 ^a	6.53 ± 1.31 ^a	6.69 ± 1.21 ^a	6.77 ± 1.48 ^a	6.74 ± 1.27 ^a
C.V(%)	28.11	26.25	23.45	27.71	31.06	24.89

≡ ^{a-c} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.005$), D.E: desviación estándar, C.V: coeficiente de variación. Valores expresados en una escala hedónica de 9 puntos donde 1 es “me disgusta extremadamente y 9 “me gusta extremadamente”.

Apariencia. En todos los tratamientos de HA y HF se obtuvo una pasta de color marrón-rojizo con una apariencia viscosa en la superficie, mientras que el control mostró un color amarillo suave con una superficie casi lisa. Los tratamientos con harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ellos, pero sí con respecto al control (HA). Los tratamientos de HA y HF tuvieron puntuación entre 5.12 a 5.29 “no me gusta ni disgusta” mientras, que el control logró una puntuación de 6.85 próximo a “me gusta moderadamente” siendo mejor que todos los tratamientos evaluados, esto puede ser debido a que el control tuvo valores mayores respecto a los tratamientos de HA y HF en la escala L^* en el análisis de color, la cual, indica la luminosidad del producto y siendo el color y brillo parámetros que afectan la apariencia y la buena aceptación del producto (Mondino y Ferratto 2006). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Salinas (2017) indicando que, al incrementar la cantidad de harina de frijol en una tortilla, disminuye la aceptación de la apariencia del producto.

Color. Según Hernández *et al.* (2017) en relación con el análisis sensorial, el color del producto es una característica muy importante en los alimentos, ya que atrae la atención de los consumidores. Los tratamientos con harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) sí presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ellos, y con respecto al control (HA). El control obtuvo la mejor puntuación con 7.08 “Me gusta moderadamente” mientras que los tratamientos de HA y HF, sus puntuaciones fueron ubicadas en la escala de 9 puntos como “no me gusta ni me disgusta”. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se puede observar en el cuadro 2 que a medida aumentó la HF en la formulación la aceptación de este parámetro aumentó, estos resultados contrastan con los encontrados por Martínez (2017) donde manifestó que el uso de harina de frijol, a las concentraciones evaluadas (10% 20% y 30%) generaron una clara disminución de la aceptación del color del producto, dado que el testigo es significativamente más aceptado, esto debido al color negro inherente a la harina de frijol, el cual, está dado por el contenido de antocianinas en la testa del frijol. Sin embargo, Setiady *et al.* (2007), indican que el consumidor real no se ve afectado por el color más oscuro en la pasta porque los consumidores relacionan este fenómeno con productos más naturales, esto puede explicar el aumento en la aceptación del color de la pasta a media se aumentó la HF en la formulación.

Olor. Se puede observar que el incremento de 20% a 40% de harina de frijol en la formulación no tienen influencia sobre la aceptación de la pasta. El olor fue mejor evaluado en el control (HA) con una puntuación de 6.53 “me gusta poco” presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a los tratamientos con harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF), lo cuales, obtuvieron puntuaciones equivalentes a “no me gusta ni me disgusta”(cuadro 2). La mayor aceptación por el control por parte del panelista puede ser debido a que las personas no están acostumbradas a percibir el olor del frijol en pastas. Según Oomah *et al.* (2007), el frijol tiene un total de 62 compuestos volátiles que consisten en hidrocarburos aromáticos, aldehídos, alcanos, alcoholes y cetonas representados en promedio 62, 38, 21, 12 y 9×10^6 respectivamente del área total de grano. Martínez (2017) en su estudio obtuvo que al sustituir hasta 18% harina de frijol en las formulaciones de pan no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) para el atributo olor, cabe recalcar que en la formulación para pan existen otras materias primas que sus compuestos volátiles pueden ocultar el olor producido por los compuestos volátiles del frijol. Sin embargo, para una

formulación de pasta sin adición de grasas u otros compuestos aromáticos se observó que se puede llegar a utilizar hasta un 40% de HF de la parte que representan las harinas en la formulación y no presentar diferencias significativas para el atributo olor (cuadro 2).

Sabor. Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el control y las formulaciones de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF). El control tubo mejor evaluación con “me gusta poco”, mientras que los tratamientos “no me gusta ni me disgusta”. Entre los tratamientos de HA y HF no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) (cuadro 2) lo que indica que el aumento de HF de frijol en las formulaciones no representó una fuente de variación para el atributo sabor. Las diferencias de los tratamientos de HA y HF respecto al control pueden ser debido a que el frijol tiene antocianinas y polifenoles que pueden otorgar un sabor a tierra según López y Bressani (2008). Por otra parte, Oomah *et al.* (2007) expone que la aceptación se ve afectada por el gusto y sabor poco sofisticados que los consumidores generalmente asocian con los productos de frijol seco a pesar de sus beneficios nutricionales y de salud.

Textura. Se observó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) con respecto al control (HA), siendo el control el mejor evaluado en una nota “me gusta poco”, mientras que los tratamientos obtuvieron una calificación de “ni me gusta ni me disgusta). Esto puede ser debido a que el control tiene un mayor contenido de almidón; según Ramirez (2015) un mayor porcentaje de almidón afecta directamente a la textura de la pasta haciéndola más suave. El aumento de la harina de frijol en los tratamientos no tuvo efecto en la aceptación del producto. Según Granito *et al.* (2003) en general, al sustituir la sémola por las otras harinas se altera las características de calidad sensorial de las pastas, particularmente la textura. Mientras que Vedia (2014), minimizo los efectos no deseados en el atributo textura con la adición de goma guar, obteniendo notas de “me gusta poco” y “me gusta moderadamente”. Para este estudio se utilizó goma guar y goma xantán con el mismo propósito, sin embargo, no se observó una mejora en la aceptación, obteniendo notas más bajas que la reportadas por Vedia (2014).

Aceptación general. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF), pero si hubo diferencias con el control (HA). El control obtuvo la mejor puntuación (cuadro 2) “me gusta poco” en comparación a los tratamientos de HA y HF “no me gusta ni me disgusta”. Estos resultados concuerdan con el estudio de Perussolo *et al.* (2009) en el cual, al sustituir el 50% por HF en las mezclas de harina de trigo y harina de frijol para la elaboración de la masa de un pastel de verduras tuvo buena aceptación con una nota mínima de 70%. González (2018), obtuvo resultados similares utilizando harina de maíz y hasta un 50% HF en sus tratamientos para la elaboración de pasta. Mientras que Salinas (2017), obtuvo una nota de 5 “no me gusta ni me disgusta” utilizando hasta un 80% de HF para la elaboración de un snack a base de harina de frijol y harina de maíz nixtamalizado.

Análisis físicos y químicos.

Aumento de peso. El comportamiento de la pasta durante y después de la cocción es un parámetro de calidad importante para los consumidores donde se observa el tiempo de cocción, aumento de peso y aumento de volumen (Ormenese y Chang 2002). Los valores encontrados para el aumento de peso fueron desde 52.91% para el tratamiento 60:40 (HA:HF) hasta 61.17% (control) (cuadro 3). El tratamiento 80:20 (HA:HF) fue el único que no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) respecto al control, debido a que la proporción de harina de arroz (HA) es muy similar al control (HA). Miranda *et al.* (2013), reportaron que el frijol tiene un porcentaje de almidón de 30% a 50% de su peso seco y Pinciroli (2010), reportó porcentajes de 77% a 82% en arroz pulido, por lo tanto, una pasta de HA y HF al tener un alto contenido de almidón su aumento de peso se verá afectado positivamente. En el cuadro 3 se puede observar que el aumento de peso es directamente proporcional al contenido de HA en la formulación, siendo la HA la matriz que más almidón contiene. Esto puede ser explicado por Martínez *et al.* (2017) los cuales, exponen que el porcentaje de aumento de peso de las pastas está relacionado con la cantidad almidón en el alimento y su capacidad de absorción de agua. Flores *et al.* (2014), también expusieron que debido al potencial hidrofílico del almidón se mejora el aumento de peso de la pasta.

Aumento de volumen. Para el aumento de volumen, el control mostró un aumento en volumen de 72% muy similar al tratamiento 80:20 (HA:HF) no habiendo diferencias significativas ($P > 0.05$). El resto de los tratamientos obtuvieron un aumento de volumen inferior, mostrando diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto al control y el tratamiento 80:20 (HA:HF) (cuadro 3); en este cuadro se puede observar que el aumento de volumen es inversamente proporcional al aumento de HF en la formulación, esto concuerda con los resultados obtenidos por González (2018), quien indica que a medida se incrementa la proporción de harina de frijol (HF) en las formulaciones, el aumento de volumen de los tratamientos fue menor. También, existe una menor proporción de almidón en las formulaciones con mayor porción de harina de frijol (HF). El porcentaje de hinchamiento de las pastas está relacionado con la capacidad de absorción de agua que posee el almidón. Los tratamientos con mayor aumento de volumen son aquellos que contienen mayor proporción de HA en su formulación y según Pinciroli (2010), la capacidad de retención de agua del almidón de una harina de arroz oscila entre 1.67 y 9.96 mL de agua/g de muestra. Durante la cocción, los gránulos de almidón absorben agua, lo que implica un aumento en su volumen (Martínez *et al.* 2017). Según Granito *et al.* (2003), en las leguminosas el almidón puede estar encapsulado por paredes celulares que impedirían la gelatinización del almidón evitando así la absorción de agua, por lo cual, no habría hinchazón del gránulo de almidón, esto podría explicar el comportamiento de la pasta que al aumentar la proporción de HF a la formulación no se observó aumento de volumen.

Tiempo de cocción. Según Vasiliu y Navas (2009), el tiempo de cocción es el tiempo necesario para obtener un producto al dente, definiéndose este como el momento en el cual desaparece la zona blanquecina de la sémola, correspondiente al almidón, que aún permanece sin gelatinizar. Se observó un aumento de tiempo de cocción a medida se aumentó la proporción de harina de frijol (HF) hasta 8 minutos respecto al control. Siendo el control el que presentó el menor tiempo de cocción (cuadro 3) mientras que, los tratamientos con harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) no presentaron diferencias

significativas entre ellos ($P > 0.05$), pero si respecto al control. Resultados similares fueron reportados por Granito *et al.* (2014), los cuales, obtuvieron aumento de tiempo de cocción hasta un 34% al sustituir con leguminosas en las formulaciones. Según Granito y Ascanio (2009), al agregar matrices con alto contenido de proteína y fibra puede afectar el tiempo de cocción, aumento de peso y volumen, ya que estos interfieren en la absorción de agua del almidón retrasando su gelatinización. Esto concuerda con los resultados obtenido en el análisis de proteína y fibra donde se obtuvo un porcentaje de 13.42% y 20.49% respectivamente para la pasta. Cabe recalcar que según Rosas *et al.* (2016), el frijol de la variedad Honduras Nutritivo presenta un contenido de proteína y fibra de 27 g/100 g en ambos casos.

Cuadro 3. Resultados de aumento de peso, aumento de volumen y tiempo de cocción del control y las pastas de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

Tratamientos	A.P. (%) \pm D.E	A.V. (%) \pm D.E	T.C. (min) \pm D.E
80:20 (HA:HF)	58.41 \pm 1.37 ^a	71.11 \pm 1.32 ^a	14.98 \pm 0.85 ^b
70:30 (HA:HF)	53.84 \pm 1.38 ^b	63.11 \pm 4.28 ^b	15.12 \pm 0.42 ^b
60:40 (HA:HF)	52.91 \pm 2.58 ^b	54.98 \pm 2.98 ^c	14.81 \pm 0.90 ^b
Control (HA)	61.17 \pm 0.90 ^a	72.48 \pm 1.09 ^a	6.16 \pm 0.28 ^a
C.V.(%)	2.75	4.06	4.39

^{a-c} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.005$), A.P: aumento de peso, AV: aumento de volumen, TC: tiempo de cocción, D.E: desviación estándar, C.V: coeficiente de variación.

Análisis de color. Todos los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) es la escala L* respecto al control. Según Teterycz *et al.* (2019), una disminución en la escala L* está dada por el color oscuro característico del frijol, este mismo autor sugiere que un tono más oscuro en la pasta es un indicador de mayor cantidad de cenizas en el producto, lo cual, concuerda con el porcentaje de ceniza que presentó la pasta con mayor porcentaje de HF en su formulación 60:40 (HA:HF), siendo este valor de 2.5%. En la escala a* hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y el control. Valores positivos más altos en la escala a* indican un color más rojizo, el cual, para los tratamientos con HA y HF está dado por las antocianinas presentes en el frijol (Peguero 2007). En la escala b* se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto al control y una disminución de los valores (cuadro 4) a medida que se incorporó más harina de frijol a la formulación. Estos resultados concuerdan con el estudio de Teterycz *et al.* (2019), donde se utilizó harina de frijol como colorante natural en pasta y donde se obtuvo colores menos amarillentos a medida que se incrementó la harina de frijol. Según Gallegos *et al.* (2012), esta diferencia se asoció con el uso de harina de frijol, que produjo un color más oscuro.

Cuadro 4. . Resultados de análisis de color en la escala CIE L* a* b* del control y las pastas de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF) con mayor aceptación en la prueba sensorial.

Tratamiento	L* ± D.E	a* ± D.E	b* ± D.E
70:30 (HA:HF)	37.96 ± 1.02 ^b	6.57 ± 0.69 ^b	8.78 ± 0.81 ^b
60:40 (HA:HF)	35.85 ± 1.00 ^b	7.18 ± 0.13 ^b	8.52 ± 0.28 ^b
Control (HA)	63.77 ± 2.11 ^a	4.02 ± 0.64 ^a	45.25 ± 1.29 ^a
C.V(%)	2.81	11.82	5.01

^{a-c} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.005), D.E: desviación estándar, C.V: coeficiente de variación.

Análisis de fuerza de deformación. Todos los tratamientos y el control no presentaron diferencias significativas (P > 0.05). Se observó baja resistencia a la deformación en los tratamientos presentando valores entre 1.30 a 1.57 Newton (figura 2). Estos valores son similares a los de una pasta comercial de trigo, la cual, tiene un valor de fuerza máxima de deformación entre 0.7 N a 1.3 N (Jara 2006). Según Granito *et al.* (2003), en la fabricación de pastas al igual que en panificación, la calidad de la proteína usada es más importante que la cantidad. Aunque se incrementó el contenido de proteína a medida que se sustituyó la harina de arroz por harina de frijol, esto se hizo con proteína entre cuyas características físicas no predomina la capacidad para formar matrices viscoelásticas, característica propia del gluten (Granito *et al.* 2003), viéndose afectada la textura de la pasta. También, Gallegos *et al.* (2012) obtuvo como resultado una disminución de firmeza respecto al control al sustituir 30% de la formulación de spaguetti por harina de frijol. Para este estudio se utilizó una mezcla de goma guar y xantan con el objetivo de mejorar las características de la pasta al momento de la cocción y posterior a la cocción y conservar características texturales similares a una pasta comercial, ya que según Casas (2000), las mezclas de soluciones de goma de xantan y guar tienen viscosidades más altas que las encontradas para cada solución de goma separada, pero que en proporciones no adecuadas pueden producir mayor grado de dureza. Para este estudio se adicionó 1% de goma xantan según los límites establecidos por el RTCA, logrando valores de fuerza de deformación muy similares a la de una pasta convencional. Esto concuerda con lo sugerido por Beltrán (2015), que utilizando 1.2% de goma xantan en la formulación de pasta donde se sustituya parcial o totalmente el trigo, es posible reproducir la función del gluten sobre la estructura de la pasta.

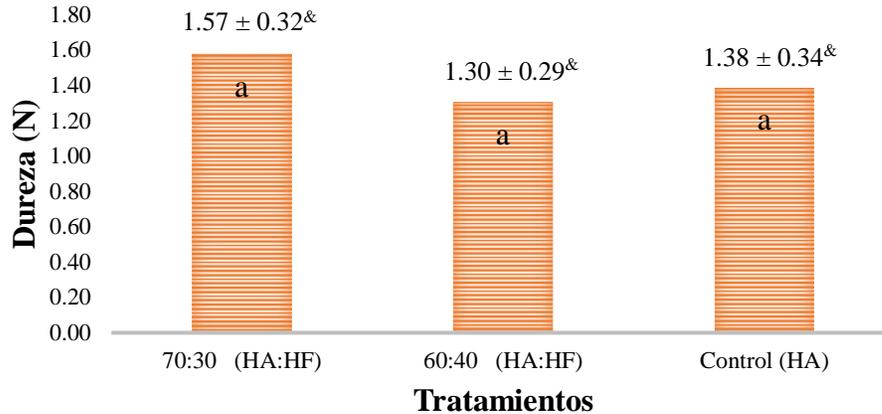


Figura 2. Resultados de análisis de fuerza de deformación del control y la pasta a base de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

^aMedias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

[&]Desviación estándar.

Análisis de actividad de agua (A_w). La actividad de agua A_w , es la cantidad de agua libre en el alimento, es decir el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diferentes reacciones químicas. Los alimentos con baja A_w se conservan en óptimas condiciones durante periodos más largos de tiempo (Arévalo 2017). La actividad del agua de las pastas completamente secas está típicamente en el rango de 0.4 a 0.6 (CDC 2013). En este estudio no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos 70:30 y 60:20 de harina de arroz (HA) y harina de frijol (HF) respectivamente (figura 3). El control (HA) si presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a los tratamientos de HA y HF mostrando un valor de A_w menor. La diferencia puede deberse al tiempo de deshidratado al momento de secar la pasta, no teniendo control sobre la pasta comercial (control) y siendo las mismas condiciones de almacenamiento para el control y los tratamientos evaluados. Sin embargo, el control y los tratamientos cumplen con lo planteado por el Center for Disease Control CDC (2013), donde el rango de A_w de una pasta seca es 0.4 a 0.6 y que según DECAGON Inc (2006), a una A_w menor a 0.60 no existe una proliferación de microorganismos, a excepción de ciertas clases de hongos filamentosos.

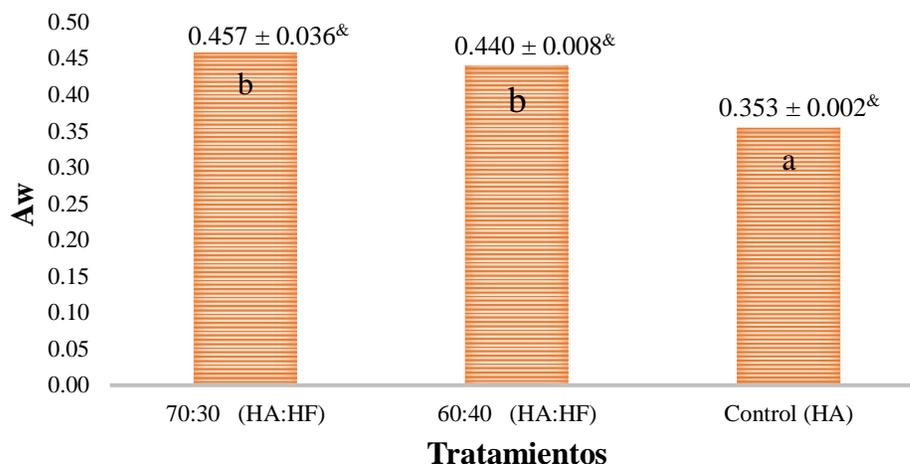


Figura 3. Resultado de análisis de actividad de agua (A_w) del control y los tratamientos de harina de arroz (HF) y harina de frijol biofortificado (HF).

^{a-b}Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

[&] Desviación estándar.

Análisis microbiológicos.

Los análisis microbiológicos realizados a todos los tratamientos y al control para coliformes totales, hongos y levaduras cumplen con los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, los cuales son, valores menores de < 30 UFC/g para coliformes totales y valores menores a < 300 UFC/g para hongos y levaduras. Esta prueba se realizó con pasta cruda, por lo que, posterior al proceso de cocción ($92\text{ }^{\circ}\text{C}$) para los tiempos de cocción indicados en el cuadro 3, podría haber una disminución de la carga microbiana reportada (cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados análisis microbiológicos para el control y los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

Tratamientos	Coliformes totales UFC/g	Hongos UFC/g	Levaduras UFC/g
80:20 (HA:HF)	<10	130	<1
70:30 (HA:HF)	<10	63	<1
60:40 (HA:HF)	<10	176	<1
Control (HA)	<1	<1	<1
*Valor límite (UFC/g)	<30	<300	<300

* Límite establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008

Análisis de minerales.

Hierro (Fe). Se encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos 60:40 (HA:HF) y 70:30 (HA:HF) (cuadro 7). Esta diferencia está dada por la mayor proporción de frijol biofortificado de la variedad Honduras Nutritivo utilizada en el tratamiento 60:40 (HA:HF). Según Ross *et al.* (2011), los valores recomendados para la ingesta dietética de referencia (DRI) son de 10 a 11 mg/día para infantes de 0 a 12 meses y niños de 1 a 4 años, 8 mg/día para adultos, 27 mg/día para mujeres embarazadas y 10 mg/día para mujeres en lactancia, por lo tanto, la ingesta de 100 g de pasta con una proporción de 60:40 (HA:HF) tiene un aporte de hierro de la ingesta diaria de referencia (DRI) recomendada aproximado del 34% para infantes de 0 a 12 meses y niños de 1 a 4 años, un 38% para adultos, 11% para mujeres embarazadas y el 30% para mujeres en lactancia. Estos porcentajes a excepción del requerimiento para mujeres embarazadas representan un aporte alto en hierro, la FDA (2016) sugiere que un aporte mayor al 20% del valor diario (%DV) se considera alto y menor al 5% se considera bajo para minerales. También, siguiendo la normativa 67.01.60:10 del Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA), la pasta desarrollada a base de HA y HF tiene un contenido “alto” en hierro, ya que contiene dos veces los valores para fuente (10% VDN), siendo 20% del valor diario de nutriente (VDN). De acuerdo a la OMS (2015), se estima que 600 millones de niños en edad preescolar y escolar sufren anemia en todo el mundo, y se supone que al menos la mitad de estos casos pueden atribuirse a la carencia de hierro, la OMS (2019a) estima que más del 30% de las mujeres del mundo en edad de procrear sufren anemia y que más de 40% de las embarazadas del mundo sufren anemia. Al menos la mitad de esta carga de anemia se atribuye en principio a la carencia de hierro. Menchú y Méndez (2012), reportaron que el 80% de los hogares en Honduras consumen pastas, el 60% de los hogares en estado de pobreza extrema y 80% de hogares en estado de pobreza relativa incluyen las pastas en su dieta. Los mismos autores reportaron que el 25% de los hogares de Honduras no llegan a cubrir ni el 70% de su requerimiento diario de hierro, mientras que solo un 40% logra alcanzar un 100% de requerimiento diario. Entonces, la incorporación de una pasta a partir de frijol biofortificado de la variedad Honduras Nutritivo y arroz a la dieta de una población como la de Honduras, supondría un beneficio en el perfil nutricional de los hogares hondureños, disminuyendo las enfermedades causadas por la deficiencia de hierro, aportando hasta 52% más en contenido de hierro que una pasta convencional de trigo con un contenido de hierro de 1.6 mg/100 g (FEN 2016).

Zinc (Zn). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos (cuadro 7), esto puede ser debido a la cantidad de HF utilizada en cada formación. Los valores de ingesta dietética de referencia (DRI) recomendados para niños, adultos, mujeres embarazadas y en lactancia son 3 a 5 mg/día, 8 a 11 mg/día, 12 mg/día y 13 mg/día, respectivamente (Ross *et al.* 2011), con lo cual, la ingesta de esta pasta supondría en promedio un 45% para niños y 18% para adultos del DRI; esto representa un contenido alto y medio respectivamente de los valores diarios (%DV) según la FDA (2016), y de acuerdo a la normativa 67.01.60:10 del Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA)(2017). La pasta desarrollada a base de HA y HF se puede considerar como “fuente” de zinc, ya que contiene no menos del 10% del VRN (15 mg / 100 g), siendo 15% del valor diario de nutriente (VDN). La OMS (2019b), estima que aproximadamente 155 millones de menores de cinco años sufren retraso del crecimiento y que una de las causas puede ser la carencia

de zinc, la cual, restringe el crecimiento infantil y disminuye la resistencia a las infecciones. Menchú y Méndez (2012), reportaron que el 60% de los hogares en Honduras tienen un déficit de zinc de mayor del 30% y solo el 15% se adecua a los requerimientos diarios. En comparación con una pasta convencional de trigo con un contenido de zinc de 1.5 mg/ 100 g (FEN 2016). Los tratamientos evaluados presentan un aumento aproximado del 50% en el contenido de zinc, por lo tanto, la inclusión de una pasta a partir de frijol biofortificado de la variedad Honduras Nutritivo y arroz ayudaría a disminuir la deficiencia de este mineral en la dieta de los hogares hondureños. Como se observa en el cuadro 6, el tratamiento 60:40 (HA:HF) presentó un alto contenido de fibra, el cual, puede tener un efecto quelante sobre la minerales y perjudicar la absorción de los mismos. Según Escudero y González (2006), la absorción de determinados minerales como el calcio, hierro, cobre y zinc pueden disminuir si se ingieren dietas muy ricas en fibra.

Cuadro 6. Resultados del análisis de hierro y zinc para los tratamientos de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF).

Tratamiento	Hierro (mg/100 g) ± D.E	Zinc (mg/100 g) ± D.E
70:30 (HA:HF)	2.62 ± 0.07 ^b	1.95 ± 0.06 ^b
60:40 (HA:HF)	3.08 ± 0.04 ^a	2.25 ± 0.10 ^a
C.V(%)	1.43	2.27

^{a-b} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), D.E: desviación estándar, C.V: coeficiente de variación.

Análisis proximal.

Los resultados presentados (cuadro 6) es una comparación del análisis proximal realizado al tratamientos 60:40 (HA:HF), el cual, fue seleccionado por haber obtenido una mayor puntuación en aceptación general en la prueba sensorial (cuadro 2) y contener un mayor porcentaje de HF en su formulación, comparado con los datos obtenidos por Ortiz (2017), quien uso un control de harina de arroz (HA) y un tratamiento con 70% harina de arroz y 30% harina de quínoa, y los resultados de Granito *et al.* (2003), en cuyos tratamientos incorporó hasta un 15% de HF, siendo este 30% sémola de trigo (ST), 15% harina de maíz (HM), 15% harina de frijol (HF) y 18.5% almidón de yuca (AY). La comparación indicada en el cuadro 7 se realizó con el fin de comparar los valores obtenidos al incorporar HF a una formulación de pasta con una harina derivada de cereales.

Humedad. El contenido de humedad es un indicador de ganancia de peso y volumen de la pasta posterior al proceso de cocción. Según el Codex (2006), Norma Oficial Mexicana NMX-F-023-S-1980 y Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1375 (2014), el máximo permitido de humedad para pasta seca es 14%. Según De la Espriella (2010), un criterio clave para la seguridad en la pasta seca es el contenido de humedad. Puesto que si esta no se encuentra por debajo de 12.5%, el producto será susceptible a la alteración microbiológica. También, el protocolo de calidad para pasta secas de Argentina (2016),

expone que la forma más efectiva de lograr la estabilidad y aumentar la vida útil es secar las pastas hasta un contenido de humedad entre el doce por ciento (12%) y el catorce por ciento (14%). En la comparación de pastas (cuadro 6) para este parámetro, los valores del tratamiento 60:40 (HA:HF), la pasta de arroz y quínoa 70:30 (HA:HQ) y el control (HA) están cerca del 7%, que pudo ser debido a los tiempos y temperatura que utilizó Ortíz (2017) en su estudio, los cuales, fueron similares a los utilizados en este estudio (figura 1).

Ceniza. En el cuadro comparativo (cuadro 6) se observa que el tratamiento 60:40 (HA:HF) tuvo un aumento de 33.6% respecto al tratamiento 70:30 (HA:HQ) y el control (HA), y 26% más respecto al tratamiento evaluado por Granito *et al.* (2003). Se puede observar que los tratamientos que integran HF a la formulación de pasta tienen un aumento en la cantidad de cenizas comparado con las formulaciones que integran solo cereales como el control y la pasta de harina de arroz y quínoa. Respecto al tratamiento 60:40 (HA:HF), esto se debe a que la variedad “Honduras Nutritivo” es un grano rojo pequeño mejorado, con un mayor valor nutricional por su mayor contenido de hierro y zinc que las variedades tradicionales y generadas hasta la actualidad en Honduras (Rosas *et al.* 2016). Según Márquez (2014), las cenizas en los alimentos es un indicador del contenido total de minerales y materia orgánica, micro elementos que cumplen funciones metabólicas importantes en el organismo y nos permite evaluar la calidad de los alimentos. Por lo tanto, el tratamiento 60:40 (HA:HF) tiene mejor calidad alimenticia en comparación a los demás tratamientos debido a la mayor proporción de frijol biofortificado en su formulación.

Proteína. Se observa que todos los tratamientos poseen porcentajes de proteína similares (cuadro 6). Sin embargo, el tratamiento 60:40 (HA:HF) tiene aumento de 2.75% respecto al tratamiento 70:30 (HA:HQ), 38.59% respecto al control y una disminución de 6.85% respecto al tratamiento 30:15:15:18.5 (ST:HM:HF:AY). Esto se debe a que el frijol biofortificado de la variedad Honduras Nutritivo tiene mayor contenido de proteína que el arroz, quínoa y trigo (pasta convencional) siendo estos valores 27 g (Rosas *et al.* 2016), 6.61 g, 16.5 g y 12 g respectivamente (INCAP 2018). El valor inferior respecto al tratamiento 30:15:15:18.5 (ST:HM:HF:AY) puede ser debido a que incorpora sémola de trigo (ST) con un valor de 12.68 g de proteína (INCAP 2018). El tratamiento 60:40 (HA:HF) cumple con lo especificado en el protocolo de calidad para pasta secas de Argentina (2016), donde declara que el valor de proteínas deberá ser mayor que 11.5%. Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1375 (2014), el contenido de proteína de una pasta seca a base trigo es de 10.5%. Por lo tanto, el tratamiento 60:40 (HA:HF) tiene un valor superior en comparación a una pasta comercial de trigo, esto debido a la incorporación de harina de frijol biofortificado de la variedad Honduras Nutritivo a la formulación para pasta.

Fibra. Según la AACC (American Asociación of Cereal Chemists) (2001), la Fibra Dietética es el remanente de partes comestibles de las plantas o hidratos de carbono análogos, que resisten la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso e incluye a los polisacáridos (celulosa e hemicelulosa), oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a las plantas (gomas, pectinas y mucílagos). El tratamiento 60:40 (HA:HF) presentó 20.49% de fibra cruda (cuadro 6), lo que representa el 68% de la ingesta diaria de fibra para adultos y un 33% más de la ingesta diaria para niños, mientras que el tratamiento 30:15:15:18.5 (ST:HM:HF:AY) cubre el 47% de la ingesta diaria para adultos, esto puede ser debido a la incorporación de HF en los

tratamientos, ya que en ambos casos no se retiró la testa donde se encuentra mayor cantidad de fibra del grano . Estos resultados se consideran un contenido alto en fibra, ya que según las directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables CAC/GL 23-1997 (FAO 2013), un contenido alto en fibra es cuando el alimento cubre al menos 20% del valor diario de referencia por porción. Slavin (2008), miembro de la Asociación Americana de Dietética (ADA), establece el consumo recomendado de fibra en adultos en 25-30 g/día, o 10-13 g de fibra por cada 1000 kcal consumidas. Además, la proporción insoluble/soluble debe ser 3/15. El mismo autor sugiere que no existe evidencia suficiente para recomendar una cantidad adecuada de fibra en niños menores de dos años. Por el contrario, en los mayores de esta edad se recomienda el consumo de la cantidad de fibra que resulte de sumar 5 g/día a la edad del niño. Según Robles (2001), la fibra cruda es 3 a 5 veces menos que la fibra dietética, por lo cual, al realizar un análisis de fibra dietética al tratamiento 60:40 (HA:HF) se esperaría que el porcentaje aumente significativamente. Duarte *et al.* (2008), recomienda incluir en la dieta diaria productos a base de granos como pasta o arroz, por su contenido de fibra, también la ingesta de leguminosas ya que tiene alto contenido de fibra que va desde 17% a 30% y que en su mayoría es fibra soluble que ayuda bajar los niveles de colesterol en sangre, en personas que consumen una dieta baja en grasas, disminuyendo el riesgo en enfermedades del corazón, ayudando al control de azúcar en sangre en diabéticos y reduciendo el requerimiento de insulina. Según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA (2017), el contenido de fibra para el tratamiento 60:40 (HA:HF) se puede considerar como “alto”, ya que contiene más de 6 g de fibra por cada 100 g de alimento.

Cuadro 7. Comparación de análisis proximal de la pasta de harina de arroz (control), pasta de harina de arroz (HA) y harina de frijol biofortificado (HF), pasta de harina de arroz (HA) y harina de quínoa (HQ) y pasta de sémola de trigo (ST), harina de maíz (HM), harina de frijol y almidón de yuca (AY).

Tratamientos	Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
60:40 (HA:HF)	7.98	2.50	13.42	20.49
30:15:15:18.5 (ST:HM:HF:AY)**	5.2	1.98	14.34	14.26
70:30 (HA:HQ)*	7.52	1.66	13.05	NRD
Control (HA)*	7.26	1.55	8.24	NRD

* Tratamientos evaluados por Ortiz (2017)

**Tratamiento evaluado por Granito *et al.* (2003)

NRD: no reportó datos.

4. CONCLUSIONES

- Se desarrolló una pasta a partir de harina de frijol (HF) biofortificado y harina de arroz (HA) obteniendo los tratamientos 80:20 (HA:HF), 70:30 (HA:HF) y 60:40 (HA:HF).
- De acuerdo al Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) los tratamientos 70:30 (HA:HF) y 60:40 (HA:HF) tienen un “alto” contenido de hierro y son “fuente” de zinc.
- Los tratamientos de HA y HF fueron menos aceptados que el control, donde el atributo sabor tuvo mayor influencia sobre la aceptación general.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis proximal a todos los tratamientos de harina de arroz y harina de frijol biofortificado.
- Sustituir la goma guar y xantan por una combinación de goma xantan y goma locust o goma xantan y alginato para evaluar cambios en la textura, aumento de peso, volumen y tiempos de cocción.
- Realizar un análisis sensorial de aceptación adicionando salsa y condimentos a la pasta.

6. LITERATURA CITADA

- AACC, American Association for Cereal Chemistry. 2001: The definition of dietary fiber. Report of the dietary fiber definition committee to the board of directors of the american association of cereal chemists; [consultado el 16 de sep. de 2019]. 46(3):112126.<https://www.cerealsgrains.org/initiatives/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf>.
- AACC, American Association for Cereal Chemistry. 1999. Approved methods of analysis: method 66-50. Pasta and noodle cooking quality firmness. 11^a ed. St. Paul, U.S.A. 3p. <http://img67.chem17.com/1/20170326/636261340426004715119.pdf>.
- AIDEPI, Associazione delle Industrie del Dolce e della Pasta Italiane. 2012. Passione italiana che choquista il mondo. Italia. [consultado el 1 de sep. de 2019]. <http://www.aidepi.it/pasta/79-valori-nutrizionali.html>.
- AOAC, Official methods of analysis of AOAC international. 18. ed. Gaithersburg, Md.: AOAC International. ISBN: 0935584757. eng.
- Arendt E, Dal Bello F. 2008. Gluten free cereal and beverages. University College Cork, Ireland. [consultado el 22 de ago de 2019]. ISBN: 978-0-12-373739-7
- Arévalo S. 2017. Agua en los alimentos [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de la Amazona Peruana. 64 p; [consultado el 23 de ago. de 2019].
- Astíza M, Ruíz L, Elizalde A. 2010. Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa wild*) y zanahoria (*Daucus carota*). Colombia: Universidad del Cauca; [consultado el 23 de ago. de 2019]. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a06.pdf>.
- Beltrán A. 2015. Estudio del comportamiento reológico de pasta enriquecida en fibra dietética y con incorporación de hidrocoloides [Tesis]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; [consultado el 1 de oct. de 2019]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54290/HERNANDEZ%20%20Estudio%20del%20comportamiento%20reol%C3%B3gico%20de%20pasta%20enriquecida%20en%20fibra%20diet%C3%A9tica%20y%20con%20in...pdf?sequence=1>.
- Bristhar Laboratorios C. A. 2013. Goma xanthan, estabilizante para suspensiones y emulsiones. [consultado el 23 de sep. de 2013]. <http://www.bristhar.com.ve/xanthan.html>

- Brookfield. 2018. Operating instructions. Middleboro, MA, USA: Brookfield Engineering Laboratories. 64 p. <https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3%20manual%20m08372f1116.pdf?la=en>.
- But A. 2015. Obtención de panes libres de gluten: efecto estructural de distintos hidrocoloides sobre masas panarias de maíz. España: Universidad Politécnica de Valencia. 20 p; [consultado el 22 de ago. de 2019]. <https://riunet.upv.es/discover?scope=%2F&query=Obtenci%C3%B3n+de+panes+libres+de+gluten%3A+efecto+estructural+de+distintos+hidrocoloides+sobre+masa+s+panarias+de+ma%C3%ADz&submit=Buscar>
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Serrano B, Velázquez O. 2009a. Determinación de coliformes totales por cuenta en placa. [consultado el 15 de jul. de 2019]. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tecnic-Basicas-Coliformes-en-placa_6528.pdf.
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Serrano B, Velázquez O. 2009b. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. [consultado el 13 de jun. de 2009]. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-mohos-levaduras_6530.pdf.
- Capriles V, Dos Santos F, Arêas J. 2016. Gluten free breadmaking: improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*. [consultado el 23 de sep. de 2019]. 67:83–91. doi:10.1016/j.jcs.2015.08.005.
- Casas J, Mohedano A, Ochoa F. 2000. Viscosity of guar gum and xanthan/guar gum mixture solutions. *J Sci Agric*; [consultado el 21 de ago. de 2019]. 80(3):1722–1727. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/10970010%2820000915%2980%3A12<1722%3A%3AAID-JSFA708>3.0.CO%3B2-X>
- CDC, Center for Disease Control. 2103. Shelf life for refrigerated partially dried pasta. [consultado el 23 de ago. de 2019]. 3 p. <http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Food/Pastashelflifequery1.pdf>.
- Codex Alimentarius. 2006. Norma del codex para los fideos instantáneos codex stan 249-2006. [consultado el 20 de ago. de 2019]. 9 p. http://www.fao.org/input/download/standards/10658/CXS_249s.pdf
- Decagon Devices Inc. 2006. Fundamentals of water activity. [consultado el 23 de ago. de 2019]. <https://www.graintec.com.au/media/12856/Fundamentals.pdf>.
- De la Cruz M. 2010. Modernización y actualización de los controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos. 209 p; [consultado el 22 de ago. de 2019]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0750_EA.pdf
- De la Espriella I. 2010. Determinación de la vida útil de spaghetti y fideos doria (elaborados en barranquilla) bajo condiciones aceleradas. Colombia: Universidad de la Salle;

- [consultado el 23 de ago. de 2019]. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16021/T43.10%20E66d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Duarte P, Romero A. 2008. Fibra a base de frutas, vegetales y cereales: función de salud. *Rev. Mexicana de agronegocios*; [consultado el 16 de sep. de 2019]. 23:613–621. <http://www.redalyc.org/pdf/141/14102306.pdf>.
- Estévez J. 2016. Efecto potencial de la implementación de maíz y frijol biofortificados en la nutrición de la comunidad El Jicarito, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 13 de dic. de 2018]. 26 p.
- Escudero E, González P. 2006. La fibra dietética. *Rev. Nutrition Hospitalaria*. [consultado el 13 de oct. de 2019]. 21(2). ISSN 699-5198.
- FAO. 2013. Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables cac/gl 23-1997. [consultado el 16 de sep. de 2019]. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/33313-033ebb12db9b719ac1c14f821f5ac8e36.pdf>. FDA, Food and Drug Administration. 2016. Food labeling: revision of the nutrition and supplement facts labels. FDA, department of health and human services; [consultado el 22 de sep. de 2019]. <https://s3.amazonaws.com/public-inspection.federalregister.gov/2016-11867.pdf>.
- FEN, Fundación Española de la Nutrición. 2016. Tabla nutricional de pasta de trigo. España. [consultado el 21 de sep. de 2019]. <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pasta.pdf>.
- Ferreira R, Reis P. 2013. Engineering aspects of cereal and cereal-based products. 1ª ed. CRC Press. [consultado el 14 de ago. de 2019]. 34 – 35 p.
- Flores P, Berrios J, Pan J, Osorio P, Bello L. 2014. Gluten-free spaghetti made with chickpea, unripe plantain and maize flours: functional and chemical properties and starch digestibility. *Int J Food Sci Technol*; [consultado el 23 de ago. de 2019]. 49(9):1985–1991. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ijfs.12529>. doi:10.1111/ijfs.12529.
- Gallegos J, Rivas M, Chang S, Manthey F, Yao R, Reynoso R, Rocha N, González R. 2012. Effect of the addition of common bean flour on the cooking quality and antioxidant characteristics of spaghetti. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*; [consultado el 23 de ago. de 2019]. 2(2):730–744. https://www.researchgate.net/publication/281136691_Effect_of_the_addition_of_common_bean_flour_on_the_cooking_quality_and_antioxidant_characteristics_of_spaghetti
- González Y. 2018. Desarrollo de pastas alimenticias tipo caracol a base de harina de maíz nixtamalizado (*Zea mays*) y de frijol Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*) [Tesis]. Honduras: Universidad Agrícola panamericana, Zamorano. 30 p.
- Granito M, Torres A, Guerra M. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España*

- y Portugal; [consultado el 22 de ago. de 2019]. 3(7):372–379. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33908202.pdf>.
- Granito M, Ascanio V. 2009. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. Rev. Archivos Latino Americanos de Nutrición; [consultado el 1 de sep. de 2019]. 59(1):71–77. https://www.researchgate.net/publication/237479165_Desarrollo_y_transferencia_tecnologica_de_pastas_funcionales_extendidas_con_leguminosas
- Granito M, Pérez S, Valero Y. 2014. Quality of cooking, acceptability and glycemic index of enriched pasta with legumes. Rev Chil Nutr; [consultado el 21 de ago. de 2019]. 41(4):425–432. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v41n4/art12.pdf>.
- Gran View Research. 2018. Pasta and noodles market size, analysis report by product (ambient and noodles, dried pasta and noodles, chilled pasta and noodles), by region (North America, Europe, Asia Pacific, Latin America, MEA) and segment forecasts, 2018 - 2025. [consultado el 1 de sep. de 2019]. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/pasta-noodles-market>.
- Hernández E, Blandón W, Rivera R, Blandón S. 2017. Producción de harina de frijoles (*phaseolus vulgaris*) y evaluación sensorial. El Higo; [consultado el 21 de ago. de 2019]. 7:11–17. <http://www.revistasnicaragua.net.ni/index.php/elhigo/article/view/3963/3888>.
- INCAP, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 2018. Tabla de composición de alimentos de centroamérica. INCAP/Menchú. MT.(ed.); Méndez, H. (ed.) Guatemala: INCAP, 2018. 3ª. Edición.
- IPO, International Pasta Organisation. 2018. World Pasta Day. Dubai: IPO, AIDEPI; [consultado el 31 de ago. de 2019]. http://2018.worldpastaday.org/wp-content/uploads/2018/12/Booklet_wpd2018_1610_BOZZA.pdf.
- Jara C. 2006. Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa [Tesis]. Santiago, Chile: Universidad de Chile; [consultado el 2 de oct. de 2019]. http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/jara_c/sources/jara_c.pdf.
- Lamacchia C, Camarca A, Picascia S, Di Luccia A, Gianfrani C. 2014. Cereal based gluten free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. Rev. Nutrients. 6(2): 575-590.
- López C, Bressani R. 2008. Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con frijól común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. [consultado el 1 de sep. de 2019]. 58(1). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100010&lang=es.
- Márquez M. 2014. Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones” [Tesis]. Perú: Universidad Nacional San Agustín; [consultado el 23 de ago. de 2019]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Martínez E, Criollo J, Calderón C, Torres R. 2017. Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo y almidón de banano. *Cumbres*. 4(1):9–16.
- Martínez O. 2017. Evaluación de las características físicas y nutricionales de un pan con incorporación de harina de frijol variedad Icta chortí [Tesis]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar; [consultado el 22 de ago. de 2019]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/02/07/Martinez-Oscar.pdf>.
- Menchú M, Méndez M. 2012. Análisis de la situación alimentaria en Honduras. Guatemala: INCAP, Organización Panamericana de la Salud; [consultado el 22 de sep. de 2019]. <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/SituacionAlimentariaHondurasENCOVI2004.pdf>.
- Ministerio de Agroindustria. 2016. Protocolo de calidad de pasta seca. Argentina. [consultado el 22 de ago. de 2019]. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/SAA034_Protocolo_de_Calidad_Pasta_Seca_oficializado.pdf.
- Miranda V, Patricia P, Marrugo L, Yesid A, Montero C, Piedad M. 2013. Functional characterization of bean zaragoza starch (*Phaseolus Lunatus L.*) and quantification of the resistant starch. *Tecnológicas*; [consultado el 1 de sep. de 2019]. (30):17–32.
- Mondino M, Ferratto J. 2006. El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. Argentina: Universidad Nacional de Rosario. [consultado el 31 de ago. de 2019]. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/7AM18.htm>.
- Morán K, Soledispa K. 2013. Efecto de la goma xanthan y la hidroxipropilmetilcelulosa en las características físicas y reológicas del pan de arroz libre de gluten tipo molde [Tesis]. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral; [consultado el 1 de oct. de 2019]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89769/D-79754.pdf>.
- Mosquera M, Pacheco J, Martínez E. 2012. Diseño de una línea de producción para la elaboración de pan a partir de la harina de amaranto (*Amaranthus hybridus*) y harina de arroz (*Oryza sativa*) para celíacos [Journal]. Ecuador: Campus Superior Politécnica del Litoral. 8 p; [consultado el 21 de ago. de 2019].
- Muñoz A, Vega J, Ortecho J. 2014. Efecto de la temperatura, oxígeno y luz en la oxidación de las grasas [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Santa; [consultado el 31 de ago. de 2019]. <https://es.slideshare.net/vegabner/efecto-de-la-temperatura-oxgeno-y-luz-en-la-oxidacin-de-las-grasas>.
- Norma Oficial Mexicana NMX-F-023-S-1980. Pasta de harina de trigo y/o semolina para sopa y sus variedades. normas mexicanas. dirección general de normas. [consultado el 22 de ago. de 2019]. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-023-S-1980.PDF>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas.

- Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. [consultado el 10 de jun. de 2019]. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/NOMcereales_12434.pdf?fbclid=IwAR2V9BfZMRcJFT2P-V_btmwoinIZGfc0m1xWC7rj_Tl44dS5ClhvHIEmPo.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1375. 2014. Pastas alimenticias o fideos secos, requisitos. [consultado el 21 de ago. de 2019]. https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1375-2.pdf.
- OMS, Organización Mundial para la Salud. 2019a. Aporte suplementario intermitente de ácido fólico y hierro para embarazadas que no están anémicas. [consultado el 21 de sep. de 2019]. https://www.who.int/elena/titles/intermittent_iron_pregnancy/es/.
- OMS, Organización Mundial para la Salud. 2019b. Administración de suplementos de zinc y crecimiento infantil. [consultado el 22 de sep. de 2019]. https://www.who.int/elena/titles/zinc_stunting/es/.
- OMS, Organización Mundial para la Salud. 2015. Administración de suplementos de hierro en niños de 6 a 23 meses de edad. [consultado el 21 de sep. de 2019]. https://www.who.int/elena/titles/iron_supplementation_children/es/.
- Oomah B, Liang L, Balasubramanian P. 2007. Volatile compounds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Foods Hum Nutr; [consultado el 31 de ago. de 2019]. 62(4):177–183. eng. https://www.researchgate.net/publication/5919228_Volatile_Compounds_of_Dry_Beans_Phaseolus_vulgaris_L. doi:10.1007/s11130-007-0059-3.
- Ormenese R, Chang Y. 2002. Massas alimentícias de arroz: uma revisão. Rev. B. CEPPA; [consultado el 2 de oct. de 2019]. 20(2):175–190. <http://www.dieteticai.ufba.br/Temas/CEREAIS/MASSA%20ALIMENTICIA%20DE%20ARROZ.pdf>.
- Ortiz C, Valenzuela R, Lucero Y. 2016. Enfermedad celíaca, sensibilidad no celíaca al gluten y alergia al trigo: comparación de patologías diferentes gatilladas por un mismo alimento. Revista Chile de Pediatría; [consultado el 22 de ago. de 2016]. (2017;88(3):417-423). doi://%2010.4067/S0370-41062017000300017.
- Ortiz S. 2017. Desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base harina de arroz, quinoa y chía destinadas a regímenes alimenticios sin gluten [tesis]. Caracas: Universidad Centra de Venezuela; [consultado el 23 de ago. de 2019]. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/18215/1/Tesis%20Doctoral%20Silvana%20Ortiz.pdf>.
- Peguero F. 2007. Perfil de antocianinas de tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 51 p.
- Perussolo A, Tenório P, Buzato L, Pizzarno V, Marques J, Rigo M, Dalla O. 2009. Farinha de Feijão (*Phaseolus vulgaris*): Caracterização Química e Aplicação em Torta de Legumes. Ciências Exatas e Naturais; [consultado el 23 de ago. de 2019]. 11(2):228–236. <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/652/977>.

- Pincioli M. 2010. Proteínas de arroz: propiedades estructurales y funcionales [Tesis]. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata, CIDCA; [consultado el 2 de oct. de 2019]. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo__.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- 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: Universidad Agrícola panamericana, Zamorano.
- Robles S. 2001. ¿Qué es la fibra dietética? Instituto nacional de salud. Perú: Centro nacional de alimentación y nutrición; [consultado el 17 de sep. de 2019]. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/834/BOLETIN-2001-ene-oct-13-14.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rosas C, Escoto D, Meza N. 2016. Propuesta de liberación de la variedad de frijol biofortificado de grano rojo claro brillante “honduras nutritivo”. Honduras. [consultado el 2 de sep. de 2019]. <http://www.dicta.gob.hn/files/Propuesta-Liberacion-Honduras-Nutritivo,2016.pdf>.
- Ross A, Taylor C, Yaktine A. 2011. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington (DC): Institute of Medicine (US) Committee; [consultado el 22 de sep. de 2019]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56068/>.
- RTCA, Reglamento Técnico Centroamericano. 2017. Norma RTCA 67.01.60:10. [consultado el 8 de sep. de 2019]. <https://extranet.who.int/nutrition/gina/sites/default/files/COMIECO%202011%20Etiquetado%20Nutricional%20de%20Productos%20Alimenticios%20Preenvasados%20para%20Consumo%20Humano.pdf>
- RTCA, Reglamento Técnico Centroamericano. 2012. Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios. [consultado el 15 de jun. de 2019]. http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/reglamentos/ANEXO_RES_283_RTCA_ADITIVOS_ALIMENTARIOS%20_COMIECO.pdf.
- Salinas S. 2017. Desarrollo de un snack a base de harinas de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*) y maíz nixtamalizado (*Zea mays*) [Tesis]. Honduras: Universidad Agrícola panamericana, Zamorano.
- Sagerman D, Acosta J, Shwenstesius R, Huato M, Larqué B. 2010. Considerations and social importance of the bean crop in Central Mexico. Rev. Mexicana de Ciencia Agrícolas; [consultado el 1 de oct. de 2019]. 1(3):363–380. <https://pdfs.semanticscholar.org/5d94/2cb37e7d4c1153cb7c3e7a7be90e885835fe.pdf>.
- Setiady D, Mengshi L, Younce F, Barbara A. 2007. Incorporation of minced trout (*Oncorhynchus mykiss*) into egg-based noodles. Journal of Food Processing and Preservation; [consultado el 20 de ago. de 2019]. 31(4). doi://%2010.1111/j.1745-4549.2007.00144.x.
- Slavin J. 2008. Position of the american dietetic association: health implications of dietary fiber. Journal of the american dietetic association; [consultado el 18 de sep. de 2019]. 108(10):1716–1731. doi:10.1016/j.jada.2008.08.007.

- Tetrycz D, Sobota A, Zarzycki P, Latoch A. 2019. Legume flour as a natural colouring component in pasta production. *J Food Sci Technol*; [consultado el 1 de sep. de 2019]. 55(6):2114. doi:10.1007/s13197-019-04061-5.
- Vasiliu M, Navas P, Petra B. 2009. Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fistulosum L.*). *Rev. Saber*; [consultado el 3 de ago. de 2019]. 21(1):70–76. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739438010.pdf>.
- Vedia V. 2014. Efecto de la sustitución parcial de semolina de trigo (*Triticum durum*) por harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de tallarines [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; 30 p.
- Villeda M. 2017. ¿Qué son los cultivos biofortificados? Tegucigalpa, Honduras: DICTA, SAG; [consultado el 14 de nov. de 2018]. 2 p. <http://www.dicta.hn/files/2017-Que-son-los-cultivos-biofortificados,-F.pdf>

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial.

Hoja de evaluación sensorial de “Pasta tipo caracol”

Fecha: _____ Nacionalidad: _____ Código: _____

Instrucciones:

A continuación, encontrará tres muestras codificadas de pastas a base de arroz y frijol biofortificado y una muestra a base de arroz para que las evalúe según las características sensoriales mostradas en los cuadros. Limpie su paladar con agua antes y después de la evaluación de cada muestra.

Marque con una X el cuadro que corresponda al grado de aceptación que le da a la muestra de acuerdo al atributo que esté evaluando.

Muestra: _____

Atributo	1 Me disgusta extrema- damente	2 Me disgusta mucho	3 Me Disgusta Modera- damente	4 Me Disgusta poco	5 No Me gusta Ni disgusta	6 Me Gusta poco	7 Me gusta Modera- damente	8 Me gusta mucho	9 Me gusta extrema- damente
Apariencia									
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
Aceptación general									

Observaciones: _____

Anexo 2. Ficha técnica de frijol Honduras Nutritivo.

	FICHA TÉCNICA Cultivos	Fecha de revisión: 20/01/2017
		FT-FH-01
		Versión: 01
		Página 1 de 3

FRIJOL / HONDURAS HONDURAS NUTRITIVO

Producto: Frijol biofortificado con alta concentración de minerales, especialmente hierro y zinc.

Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

Descripción: Variedad de color rojo claro, se caracteriza por su valor nutricional debido a su alto contenido de hierro y zinc, excelente potencial de rendimiento y su resistencia a los virus del mosaico dorado amarillo y al mosaico común del frijol.

Cultivar: HONDURAS NUTRITIVO

Proveedor: CIAT / PIF-Zamorano

Región del cultivo: Variedad apta para las zonas bajas e intermedias de Honduras.

Proyecto: AgroSalud / HarvestPlus LAC

Especificaciones:

1. Composición proximal^{1,2}:

Componente	Variedad
	HONDURAS NUTRITIVO
Calorías (kcal/100g) ³	231
Carbohidratos por diferencia (g/100g)	27
Proteína (g/100g)	27
Grasa (g/100g)	1
Fibra cruda (g/100g)	27
Cenizas (g/100g)	5
Humedad (g/100g)	12

2. Contenido de minerales⁴:

Mineral	Variedad
	HONDURAS NUTRITIVO
Hierro Fe (mg/100g)	6.8
Zinc Zn (mg/100g)	3.2

Comparadas con variedades tradicionales de frijol, este cultivar contiene una mayor concentración de hierro y zinc y puede ser considerado como “alto” en hierro y como “fuente” de zinc, según las *Directrices para el Uso de Declaraciones Nutricionales y Saludables* (CAC/GL 23-1997; CAC/GL 2-1985) del Codex Alimentarius⁵.

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Servicios Analíticos, CIAT-Palmira. Septiembre, 2016.

² Los valores se aproximaron al número entero más cercano.

³ Calorías realizadas por cálculo, en el Laboratorio de Calidad Nutricional, CIAT-Palmira. Septiembre, 2016

⁴ Análisis por Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) realizados en el Laboratorio de Servicios Analíticos, CIAT-Palmira, Octubre, 2016.

⁵ Codex Alimentarius, International Food Standards. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/list-of-standards/en/>

Anexo 3. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial.

Atributo	APA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	AG
APA	1*	0.65359	0.36923	0.41694	0.41657	0.57438
COLOR	0.65359	1	0.45482	0.43903	0.41689	0.54835
OLOR	0.36923	0.45482	1	0.40656	0.33213	0.41986
SABOR	0.41694	0.43903	0.40656	1	0.63091	0.59878
TEXTURA	0.41657	0.41689	0.33213	0.63091	1	0.57688
AG	0.57438	0.54835	0.41986	0.59878	0.57688	1
P < 0.005	<0.001**	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

* nivel de coeficiente de correlación de Pearson, ** nivel de significancia: valores con probabilidad menor a 0.005 representan correlación significativa.