

**Desarrollo de pastas alimenticias tipo caracol
a base de harina de maíz nixtamalizado (*Zea
mays*) y de frijol Honduras Nutritivo
(*Phaseolus vulgaris*)**

Yessenia Elizabeth González Teo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de pastas alimenticias tipo caracol
a base de harina de maíz nixtamalizado (*Zea
mays*) y de frijol Honduras Nutritivo
(*Phaseolus vulgaris*)**

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

Presentado por

Yessenia Elizabeth González Teo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

**Desarrollo de pastas alimenticias tipo caracol a base de harina de maíz
nixtamalizado (*Zea mays*) y de frijol Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*)**

Yessenia Elizabeth González Teo

Resumen. Las pastas son alimentos generalmente elaborados con sémola de trigo y agua mediante un proceso de extrusión. El objetivo del estudio fue desarrollar pastas a base de harina de maíz (HM) y frijol Honduras Nutritivo (HF) como una alternativa de alimentos nutritivos y de rápida preparación. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas (aumento de peso y volumen, color, textura y actividad de agua), sensoriales y microbiológicas (coliformes totales, bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras) y se determinó el consumo energético durante la cocción de las mismas. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos fueron las formulaciones 70:30 (HM: HF), 60:40 (HM: HF), 50:50 (HM: HF) y un control (pasta comercial de sémola de trigo). La formulación 70:30 (HM: HF) tuvo un mayor aumento de peso y volumen comparado a los otros tratamientos, sin embargo, en los otros parámetros fisicoquímicos evaluados todas las formulaciones elaboradas fueron iguales. Las pastas a base de HF y HM obtuvieron una aceptación de “me gusta poco” mientras que el control “me gusta moderadamente”. Todos los tratamientos estuvieron por debajo de los límites microbiológicos permitidos. La adición de harina de frijol disminuye la calidad fisicoquímica de las pastas, aunque su preparación casera es de menor consumo energético en comparación al frijol. Se recomienda realizar análisis proximal para conocer el aporte nutricional de estas pastas.

Palabras clave: Frijol biofortificado, pasta no convencional, requerimiento energético.

Abstract. The pastas are foods usually made with wheat semolina and water through an extrusion process. The objective of the study was to develop pastas of corn flour (HM) and Honduras Nutritivo Beans (HF) as an alternative of nutritious and quick-prepared food. The physicochemical properties (weight and volume increase, color, texture and water activity), sensory, and microbiological (total coliforms, aerobic mesophilic bacteria, fungi and yeasts) were evaluated, and energy consumption was determined during cooking. A Randomized Complete Block design with four treatments and three replicates was used, for a total of 12 experimental units. The treatments were the formulations 70:30 (HM:HF), 60:40 (HM:HF), 50:50 (HM:HF) and a control (commercial paste of wheat semolina). The formulation 70:30 (HM:HF) obtained greater weight and volume compared to the other treatments, however, in the other physicochemical parameters evaluated, all the formulations were the same. Pastas of HF and HM had an acceptance scale of "I like little" while the control "I like it moderately". All treatments were below the allowed microbiological limits. The addition of bean flour decreases the physicochemical quality of the pasta, although its homemade preparation is of lower energy consumption compared to beans. It is recommended to perform proximal analysis to know the nutritional contribution of these pastas.

Key words: Biofortified bean, energy requirement, unconventional pasta.

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	9
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES.....	21
6. LITERATURA CITADA	22
7. ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de los tratamientos para las pastas tipo caracol de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	9
2. Resultados del aumento de peso y aumento de volumen del control y las pastas de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	10
3. Resultados del análisis de color en la escala CIE L* a* b* del control y las pastas de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	11
4. Resultados del conteo de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias en las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	14
5. Resultados del conteo de hongos y levaduras en las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	14
6. Resultados de calificación del análisis sensorial en los parámetros de color, olor y sabor de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	15
7. Resultados de calificación del análisis sensorial en los parámetros de apariencia, textura y aceptación general de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	16
8. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del control.....	17
9. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 70:30 (HM: HF).....	17
10. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 60:40 (HM: HF).....	18
11. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 50:50 (HM: HF).....	18
Figuras	Página
1. Flujo de proceso de las pastas tipo caracol.....	5
2. Delta E del color de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF) comparados con el control.....	12
3. Resultados de análisis de fuerza de corte del control y las pastas a base de harina de maíz (HM) y frijol (HF).....	13
4. Resultados del análisis de actividad de agua del control y las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).....	13
5. Resultados del análisis de consumo energético en el hogar en la cocción del control, las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF) y los granos de frijol.....	19

Anexos	Página
1. Grado de acidez alcohólica de una repetición.....	27
2. Evaluación de correlación entre el análisis sensorial y físico de color.....	27
3. Evaluación de correlación entre el análisis sensorial y físico de textura....	27
4. Hoja de evaluación sensorial de la pasta tipo caracol.....	28
5. Composición nutricional de la formulación 70:30 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.....	29
6. Composición nutricional de la formulación 60:40 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.....	29
7. Composición nutricional de la formulación 50:50 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.....	30

1. INTRODUCCIÓN

Las pastas alimenticias son alimentos generalmente elaborados con sémola de trigo (*Triticum durum*) y agua, que por medio de un proceso de extrusión reciben la forma deseada. Las pastas son muy consumidas por las familias hondureñas, independientemente del nivel social al que pertenezcan (Menchú y Méndez 2012). Según INE (2004) el 50% o más de los hogares con pobreza extrema, pobreza relativa y/o no pobreza consumen pastas, entre otros alimentos como fuente de carbohidratos. En Honduras, el frijol se encuentra en el segundo lugar después del maíz de los granos básicos más consumidos por la población. Además, los frijoles son la principal leguminosa en la dieta de las personas. Esto es un beneficio a la seguridad alimentaria debido a las vitaminas y minerales que contiene esta leguminosa (UPEG 2015).

Distintas variedades de frijol han sido desarrolladas para beneficiar nutritivamente a los consumidores. Entre ellas se encuentra la variedad de frijol biofortificado rojo pequeño brillante Honduras Nutritivo, la cual fue desarrollada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (EAP/Zamorano) entre los años 2010-2015. Esta variedad se caracteriza por contener hasta 53.2 y 54.2% más de hierro y zinc respectivamente comparado con otras variedades como el Amadeus 77 (Rosas *et al.* 2016) la cual, también fue desarrollada en la EAP/Zamorano (Rosas *et al.* 2003).

La producción agrícola familiar de granos en Honduras se destina en gran parte al autoconsumo para los hogares productores. La reserva de alimentos con la que cuentan las familias depende del nivel de producción de cada ciclo del cultivo (ACH 2010). De acuerdo con el análisis de las brechas (GOAL *et al.* 2014) se muestra que, debido a la falta de dinero para adquirir alimentos, distintos hogares del corredor seco de Honduras en el 2014 disminuyeron las raciones que ingerían al día. Además, en promedio no consumieron alimentos tres veces por semana debido a las limitaciones económicas.

Por medio del XVII Censo de Población y VI de Vivienda 2013 se determinó que el 54.67% de la población hondureña utiliza leña como fuente de energía para cocinar los alimentos mientras que el 22.12% hace uso del gas propano y el 16.69% utiliza energía eléctrica (INE 2015). Esta información permite conocer las condiciones de vida en los hogares de Honduras (INE 2015). El desarrollo de productos nutritivos que requieran menor tiempo de preparación en comparación a alimentos como los frijoles, es una alternativa para disminuir el gasto energético en los hogares por la cocción de los mismos. En los últimos años, se han elaborado estudios en el desarrollo de pastas a base de granos biofortificados tales como el trigo, arroz y frijol que permiten obtener un producto que además de ser una fuente de carbohidratos como la pasta convencional, aportan vitaminas y minerales como el hierro y zinc. Por lo que el uso de materias primas biofortificadas permiten combatir el hambre oculta en la población (da Silva *et al.* 2015).

La sustitución parcial o total de sémola de trigo por otras harinas como de maíz, haba (*Vicia faba*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*) tienen un impacto negativo en las características fisicoquímicas y sensoriales de la pasta (Giménez *et al.* 2016). Esto se debe a la disminución o ausencia del gluten que tiene como función formar una red de proteínas para que la pasta tenga buenas cualidades de cocción (Sissons 2016), por lo que se ha implementado el uso de emulsificantes como la goma guar que es un buen sustituto de la proteína del trigo (Sozer 2007).

En esta investigación se propone la elaboración de pasta a base de harina de frijol biofortificado y de harina de maíz como alternativa alimentaria para que la población hondureña disponga de alimentos nutritivos, de rápida preparación y de bajo consumo energético durante su cocción. En base a lo expuesto anteriormente, los objetivos para este estudio fueron los siguientes:

- Desarrollar las formulaciones de pasta a base de harina de maíz y de frijol.
- Evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las formulaciones desarrolladas.
- Evaluar la aceptación sensorial de la pasta de harina de maíz y de frijol.
- Determinar el consumo energético con la cocción de la pasta de harina maíz y frijol comparado a la cocción del grano de frijol.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Las pruebas preliminares y las pastas se elaboraron en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Los análisis fisicoquímicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), las pruebas microbiológicas se hicieron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ) y la obtención de datos del gasto energético en la preparación de las pastas y del frijol se realizó en la PIA.

Materiales.

Se utilizó la variedad de frijol biofortificado de grano rojo Honduras Nutritivo. Este fue donado por la Unidad de Fitomejoramiento del Departamento de Ciencia y Producción Animal de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se usó harina de maíz Gold Medal, goma guar de Distribuidora del Caribe y aceite vegetal de soja marca Bunge. Para el control del estudio se utilizó un producto comercial llamado Pasta Ina tipo caracol.

Elaboración de la harina de frijol.

Los granos de frijol se lavaron tres veces con agua hirviendo. Se cocieron durante 3 horas a 92 °C. Los frijoles cocidos fueron molidos en un procesador de alimentos HOBART modelo FP41 hasta que se obtuvo una mezcla homogénea de los mismos. La mezcla de frijol fue secada en un deshidratador Excalibur de nueve bandejas por 8 horas a 73 °C. Después se dejó enfriar por una hora a temperatura ambiente (Arias 2002).

El puré deshidratado de frijol fue molido en el procesador de alimentos HOBART modelo FP41 hasta que se obtuvieron partículas pequeñas de frijol. Finalmente, la harina fue guardada en bolsas marca Ziploc.

Pruebas preliminares.

Se realizaron 12 pruebas preliminares para determinar los ingredientes y la cantidad de los mismos a utilizar en las formulaciones. Las materias primas empleadas fueron: harina de maíz (HM), harina de trigo (HT) y harina de frijol (HF). Los emulsificantes usados fueron goma xantana y goma guar. Se observó si la consistencia de la masa permitía la formación de la pasta tipo caracol en la extrusión y si durante y después de la cocción se mantenía esa

forma. Las tres mejores formulaciones de pastas que conservaron la forma de caracol se seleccionaron como los tratamientos del estudio.

Elaboración de las pastas.

Las pastas tipo caracol se desarrollaron de acuerdo al flujo de proceso descrito en la Figura 1. Se trabajó con tres formulaciones distintas. La primera contenía 70% de harina de maíz y 30% de harina de frijol; la segunda 60% de harina de maíz y 40% de harina de frijol y la tercera 50% de harina de maíz y 50% de harina de frijol. Cada uno de estos porcentajes están en base al 44% de harinas que requiere cada formulación.

Pesado. La formulación se elaboró en base a 250 g de masa. La materia prima fue pesada en una balanza OHAUS Ranger® 3000. La mezcla de harinas correspondió al 44% de la formulación, el agua al 53%, la goma guar al 1.8%, el aceite vegetal al 1.2%.

Mezclado. Se utilizó la mezcladora HOBART modelo A200. Primero se incorporaron la harina de maíz y de frijol con la goma guar y se mezcló por 4 minutos a 60 rpm. Después, se añadió el aceite y el agua y se incorporó por 10 minutos a 180 rpm (Vedia Quispe 2014).

Extruido. Este proceso se realizó con la extrusora ITALVISA modelo Pastaia 2. Se utilizó una boquilla pasta tipo caracol que tuvo un flujo de alimentación constante para ser cortada a una velocidad de 10 (75 caracoles por minuto) con la cuchilla del extrusor.

Deshidratado. Las pastas se secaron en un deshidratador Excalibur de nueve bandejas. El deshidratado se realizó a una temperatura de 55 °C por 2 horas (Dalla *et al.* 2016). Se dejó enfriar por una hora y se almacenó en bolsas herméticas marca Ziploc para evitar que el producto tuviera contacto con el ambiente.

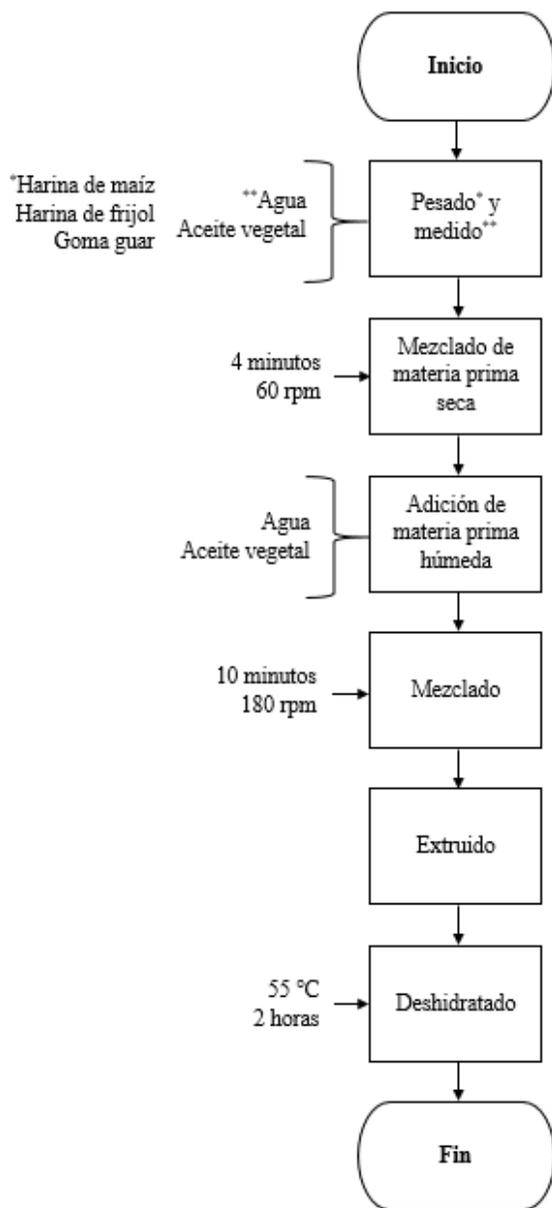


Figura 1. Flujo de proceso de las pastas tipo caracol.

Cocción de las pastas.

Las pastas fueron cocinadas en una estufa eléctrica de una hornilla Voltech. La temperatura de bullición del agua utilizada llegó hasta los 88 °C. Por medio de este proceso se determinó el tiempo de cocción, aumento de peso y aumento de volumen.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción se determinó de acuerdo con el método oficial AACC 66-50 con modificaciones de la autora. Se pesaron 10 g de pasta y se colocaron en 140 mL de agua hirviendo (88 °C). El tiempo se empezó a tomar en el momento en que el agua volvió a bullir después de agregar la pasta tipo caracol. En intervalos de 30 segundos se tomó una muestra de la pasta y se comprimió entre dos portaobjetos, este proceso se realizó

hasta que el centro del alimento desapareció después de presionarlo. En ese momento se detuvo el cronómetro y se obtuvo el tiempo de cocción.

Aumento de peso (AP). El aumento de peso se realizó de acuerdo a da Silva (2009) y se calculó por la ecuación 1. Se cocinaron 10 g de la muestra en 140 mL de agua en bullición. La pasta tipo caracol permaneció en el agua hirviendo el tiempo óptimo de cocción determinado previamente. Se le retiró el agua a la pasta cocinada y se colocó en papel toalla para eliminar el agua excedente. Finalmente, se pesó la pasta cocida y se realizó el cálculo respectivo.

$$AP = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

AP = Aumento de volumen

P₁ = Peso de la pasta cruda

P₂ = Peso de la pasta cocida

Aumento de volumen (AV). El volumen de la pasta tipo caracol se calculó de acuerdo con lo descrito por da Silva (2009) con modificaciones de la autora. Para ello se sumergieron cinco caracoles crudos en 20 mL de agua contenidos en una probeta de 50 mL y se anotó el volumen por el que se desplazó el agua dentro de la misma. Después, se cocinaron de acuerdo al tiempo de cocción determinado y nuevamente se tomó el volumen. El aumento de volumen se calculó por la ecuación 2.

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

Donde:

AV = Aumento de volumen

V₁ = Volumen de la pasta cruda

V₂ = Volumen de la pasta cocida

Análisis de color.

El análisis de color se realizó a la pasta seca con el equipo Colorflex HunterLab en la escala de color L*a*b*. Se molieron 5 g de muestra en un mortero de porcelana para obtener una toma de datos homogénea en el alimento. El análisis se realizó tres veces por muestra. El programa utilizado fue HunterLab Universal Software versión 4.00.

Análisis de textura.

Se realizó una prueba de compresión con el texturómetro Brookfield CT3 para determinar la firmeza de la pasta alimenticia cocida. El análisis se llevó a cabo de acuerdo con el método utilizado por Shreenithee y Prabhasankar (2013) con adaptaciones de la autora. Los parámetros utilizados fueron los siguientes: valor meta del 90%, carga de activación de 1 N

(Newton), velocidad de la prueba de 0.8 mm/seg, ajuste de barra de 22 mm. Se trabajó con la sonda TA7.

Se pesaron 10 g de la muestra y se cocinaron en 140 mL de agua hirviendo de acuerdo al tiempo de cocción determinado anteriormente. La pasta se dejó enfriar y se secó con papel filtro. Se colocaron dos pastas tipo caracol en la base del texturómetro para realizar la prueba de firmeza de los tratamientos y del control.

Análisis de actividad de agua (A_w).

Se utilizó el equipo AquaLab 3TE calibrado con el estándar de 0.250 A_w . El análisis fue realizado por triplicado con muestras de pasta seca molidas con un mortero de porcelana.

Análisis microbiológicos.

Se realizó pruebas con el método de vaciado en placa de coliformes totales, bacterias mesófilas aerobias y de hongos y levaduras de acuerdo con Salfinger y Tortorello (2015). Los límites permitidos para coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias fueron los establecidos por NOM-247-SSA1-2008 y para hongos y levaduras los indicados por la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1055.

Análisis sensorial.

Se realizaron pruebas afectivas de aceptación con 100 panelistas consumidores. Para la evaluación se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Los tratamientos y el control fueron preparados de acuerdo al tiempo óptimo de cocción; únicamente se les añadió sal durante la cocción y el análisis sensorial se realizó sin ninguna salsa o aderezo. Las características de la pasta cocida que se evaluaron fueron: apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general.

Análisis del consumo energético.

Se midió el consumo energético que se ocasiona por la cocción del frijol Honduras Nutritivo y por cada uno de los tratamientos del estudio. Se utilizó un medidor de potencia Kill A Watt® modelo P4400.01 y los alimentos se prepararon en estufa eléctrica de una hornilla Voltech la cual estuvo a temperatura ambiente al inicio de cada uno de los análisis.

Se pesaron 200 g de frijol rojo y se lavó tres veces con agua hirviendo. Los granos se colocaron en agua y permanecieron en remojo durante 12 horas. Después se realizó un cambio de agua y se prosiguió a la cocción utilizando los equipos mencionados en el párrafo anterior (Arias 2002). Cuando los frijoles a mínima presión se deformaban de inmediato se tomó el dato en kWh (kilovatio hora).

Para la cocción de las pastas, se pesaron 10 g de las mismas y se cocinaron en 140 mL de agua hirviendo durante el tiempo de cocción determinado anteriormente. De inmediato se tomó el dato que el medidor de potencia indicó en kWh.

Determinación de la composición nutricional.

La composición nutricional de los tratamientos se realizó de acuerdo a la información de la tabla de composición de alimentos de Centroamérica (INCAP 2012) para porciones de 100 g. Se obtuvieron los datos nutricionales de cada uno de los ingredientes de la pasta y según la proporción de los mismos en las formulaciones de los tratamientos se calcularon los valores respectivos.

Análisis de acidez alcohólica.

Se realizó de acuerdo al método descrito por Bossi (2008) con modificaciones de la autora. En un frasco Erlenmeyer se pesaron 4 gramos de muestra seca y se le agregaron 100 mL de alcohol etílico al 50%. La muestra se digirió por tres horas con agitaciones en intervalos de 30 minutos para homogenizar. Después, se filtró la muestra y se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N. Con un potenciómetro se midió el pH de la muestra. La titulación de la pasta se detuvo hasta que se llegó a un pH de 7. La acidez alcohólica se determinó con la ecuación 4.

$$\text{Grado de acidez} = \frac{a \times 25}{10} \quad [4]$$

Donde:

a = mL NaOH 0.1 N utilizado en la titulación

25 = por el uso de 4 g de muestra

Diseño experimental y análisis estadístico.

En este estudio se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Se realizaron tres repeticiones siendo cada una de ellas los bloques. Se evaluaron cuatro tratamientos, los cuales eran el control y las formulaciones de la pasta alimenticia no convencional.

Se utilizó el programa SAS® versión 9.4 (Statistical Analysis System). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias Duncan para determinar si hubo diferencias significativas en las características fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y en el consumo energético de los tratamientos, utilizando una probabilidad del 95% ($\alpha < 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas preliminares.

La sémola de trigo suele ser totalmente sustituida en las pastas por otras materias primas como harinas de maíz, proteínas y emulsificantes que cumplen la misma función que el gluten en este alimento. El uso de harinas permite combinar más que solo almidón ya que pueden contener proteínas y lípidos (Marti y Pagani 2013). La presencia de almidón en pastas libres de gluten permite que exista en la masa una red tridimensional debido a la gelatinización y retrogradación de este carbohidrato (Rodrigues *et al.* 2015).

Después de realizar las pruebas preliminares, se escogieron las formulaciones compuestas por 70% harina de maíz y 30% harina de frijol (70:30 HM:HF), 60% harina de maíz y 40% harina de frijol (60:40 HM:HF) y 50% harina de maíz y 50% harina de frijol (50:50 HM:HF). Cada una de esas proporciones están en base al 100% de harina a utilizar en la formulación. Después, se determinó la proporción de cada materia prima a utilizar en las formulaciones (Cuadro 1). En este estudio se sustituyó totalmente el trigo por goma guar como emulsificante, esto fue necesario ya que es un buen sustituto del gluten (Sozer 2007). Este emulsificante es el encargado de formar una red de proteínas que permite un buen comportamiento del producto durante y después de la cocción (Sissons 2016). El contenido de goma guar fue regulado de acuerdo al Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), en la sección 04.2.2.7 en donde indica que en alimentos a base de leguminosas se permite usar 20,000 mg de goma guar por cada kg de alimento (2%). Otro ingrediente incluido fue el aceite vegetal, el cual en las pastas puede mejorar atributos como aumento de peso, textura, color y apariencia, además de disminuir la pérdida de sólidos en la cocción (Prabhasankar *et al.* 2007).

Cuadro 1. Formulación de los tratamientos para las pastas tipo caracol de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Materia Prima	Cantidad (%)		
	70:30 (HM ^ψ :HF ^φ)	60:40 (HM:HF)	50:50 (HM:HF)
Agua	53.00	53.00	53.00
Harina de maíz	30.80	26.40	22.00
Harina de frijol	13.20	17.60	22.00
Goma guar	1.80	1.80	1.80
Aceite vegetal	1.20	1.20	1.20
Total (%)	100.00	100.00	100.00

Análisis de aumento de peso y de volumen.

El aumento en peso y volumen de la pasta son indicadores que forman parte de la prueba de cocimiento, la cual demuestra el comportamiento del alimento durante la cocción (Casagrandi *et al.* 1999). Estos parámetros son directamente influenciados por la capacidad de absorción de agua de la masa (da Silva *et al.* 2015) y por la forma de la pasta (da Silva 2009). De acuerdo con Shreenithee y Prabhasankar (2013), la pasta tipo caracol puede mantener su forma aun después de la cocción.

El aumento de peso fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$) por lo que existe diferencia entre las formulaciones evaluadas, siendo los tratamientos 70:30 (HM:HF) y 60:40 (HM:HF) los únicos que no presentaron diferencia estadística, esto pudo haber estado relacionado al alto contenido de harina de maíz que tuvieron estas muestras. Ambas presentaron niveles más altos que el tratamiento 50:50 (HM:HF), que tiene una mayor presencia de frijol en su composición, aunque todos los tratamientos con frijol estaban por debajo del control. Este comportamiento concuerda con Flores *et al.* (2014) quienes exponen que debido a la alta capacidad hidrofílica del almidón se mejora el peso en la pasta. La formulación 50:50 (HM:HF) obtuvo el menor aumento de peso, de acuerdo a Petitot *et al.* (2010), debido a la materia prima libre de gluten se crea una matriz débil que perjudica la estructura de la pasta.

En el aumento de volumen todos los tratamientos tuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$). El control tuvo el mayor aumento de volumen (62.14%) mientras que la formulación 50:50 (HM:HF) el menor (48.16%). A medida se incrementó la proporción de harina de frijol rojo y se disminuyó la de harina de maíz, el aumento de volumen de los tratamientos fue menor (Cuadro 2). Esto concuerda con los resultados de Moreira *et al.* (2016) en los cuales obtuvo un aumento de volumen entre 25-100%. Adicionalmente, expuso que incluir materia prima con alto contenido de fibra o proteínas puede influir en que exista un bajo aumento de volumen en la pasta.

Cuadro 2. Resultados del aumento de peso y aumento de volumen del control y las pastas de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		A.P. ^ζ (%) ± D.E. ^Ω	A.V. ^γ (%) ± D.E.
%HM	%HF		
70	30	53.10 ± 1.25 ^B	52.94 ± 0.87 ^B
60	40	52.31 ± 2.28 ^B	50.28 ± 2.48 ^C
50	50	49.12 ± 1.52 ^C	48.16 ± 0.63 ^D
Control (100% trigo)		59.51 ± 0.00 ^A	62.14 ± 1.15 ^A
CV ^δ (%):		1.61	1.96

^{A-D} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), ^ζA.P.: aumento de peso, ^γA.V.: aumento de volumen, ^ΩD.E.: desviación estándar, ^δCV: coeficiente de variación.

Análisis de color.

El color es uno de los parámetros que influyen en la aceptación de la pasta por parte de los consumidores (Song *et al.* 2013). Todos los tratamientos fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$) en la escala de L^* y a^* . Cada uno de ellos fue más claro en la escala de luminosidad y menos rojo en la escala de a^* . La sustitución de la sémola de trigo por otras harinas como la de frijol y maíz causó un cambio significativo ($P < 0.05$) en b^* disminuyendo el tono de amarillo de la pasta (Cuadro 3). Esto se debe a que a medida se reduce el contenido de sémola de trigo disminuye el valor de amarillo en la pasta (Shreenithee y Prabhasankar 2013). El color rojo de la pasta se debe a la presencia de antocianinas en la testa del frijol (Peguero Pérez 2007). El cambio de color en las distintas escalas se vio afectado por la proporción de frijol en el tratamiento. Esto concuerda con el estudio de Gallegos *et al.* (2010) en el que se expone que el cambio de color se ve afectado por el porcentaje de frijol presente en la formulación; a medida se aumenta la proporción de harina de frijol, la pasta tendrá una coloración más oscura. Además, la adición de harina de maíz influye en gran manera en el color de la pasta (Camelo *et al.* 2017).

Cuadro 3. Resultados del análisis de color en la escala CIE L^* a^* b^* del control y las pastas de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		Color		
%HM	%HF	$L^* \pm D.E.$ ^Ω	$a^* \pm D.E.$	$b^* \pm D.E.$
70	30	65.12 ± 1.68^A	7.55 ± 0.24^A	13.39 ± 0.15^B
60	40	61.75 ± 1.47^A	8.34 ± 0.34^A	13.08 ± 0.28^B
50	50	62.18 ± 4.25^A	8.48 ± 0.47^A	12.84 ± 0.22^B
Control (100% trigo)		62.31 ± 1.32^A	8.49 ± 0.60^A	36.89 ± 1.63^A
CV ^δ (%):		4.51	0.69	1.15

^{A-B} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), ^ΩD.E.: desviación estándar, ^δCV: coeficiente de variación.

De acuerdo con los resultados del ΔE (Figura 2), los cambios de color comparados con el control fueron muy altos. El tratamiento 50:50 (HM:HF) tuvo un Delta E de 24.44 por lo que presentó mayor diferencia comparado a los tratamientos 70:30 (HM:HF) y 60:40 (HM:HF) que tuvieron Delta E de 23.70 y 23.90 respectivamente. El coeficiente de variación fue de 0.80%. Estos resultados concuerdan con los de Gallegos *et al.* (2012) en los cuales se muestra que la adición de harina de frijol ocasionó altos diferenciales en el cambio de color. No hubo relación entre el análisis de color de la pasta y la evaluación sensorial de este parámetro. Según Giuberti *et al.* (2015), se esperaría que la variación entre colores no afecte la aceptación de la pasta por parte de los consumidores debido a que en el mercado existen pastas libres de gluten con diversidad de colores. Un ejemplo de ello es la pasta tricolor (naranja, verde y café).

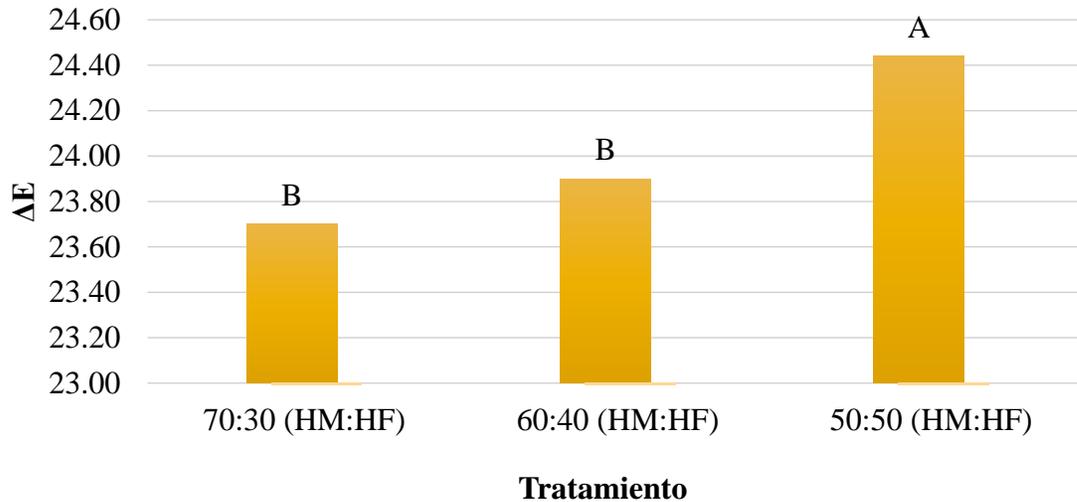


Figura 2. Delta E del color de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF) comparados con el control.

Análisis de textura.

La pasta tipo caracol tiende a ser más firme comparada a otras debido a su forma, la cual le permite la constitución de una red de proteínas y almidón (Shreenithee y Prabhasankar 2013). La textura de las pastas alimenticias cocidas puede cambiar de acuerdo a la gelatinización del almidón y a la interacción con la matriz no almidonada del producto (Giuberti *et al.* 2015). Todos los tratamientos presentaron baja firmeza ($P < 0.05$) comparado al control (8.95 Newton), la formulación 70:30 (HM:HF) tuvo 3.79 Newton, 60:40 (HM:HF) 3.99 N y 50:50 (HM:HF) obtuvo el resultado más bajo con un valor de 3.04 Newton (Figura 3). Esto concuerda con los resultados de Gallegos *et al.* (2012) en donde la formulación con mayor contenido de frijol tuvo menor firmeza. Además, Wójtowicz y Moscicki (2014) exponen que el uso de harinas de leguminosas disminuye la dureza en las pastas, parámetro que es medido a nivel sensorial e instrumental para determinar la calidad de este alimento (Petitot *et al.* 2010).

La sustitución de sémola de trigo en las pastas alimenticias ocasiona un cambio en la estructura del producto (Petitot *et al.* 2010), por lo que, se disminuye la firmeza y ocasiona un impacto negativo en la calidad del producto (Gallegos *et al.* 2012). Es muy importante evaluar la firmeza de las pastas ya que es considerada un buen indicador de la percepción del consumidor al masticar este producto (Cubadda *et al.* 2007). En este estudio no hubo relación entre el análisis de firmeza y la evaluación sensorial de este atributo. El coeficiente de variación fue de 11.62%.

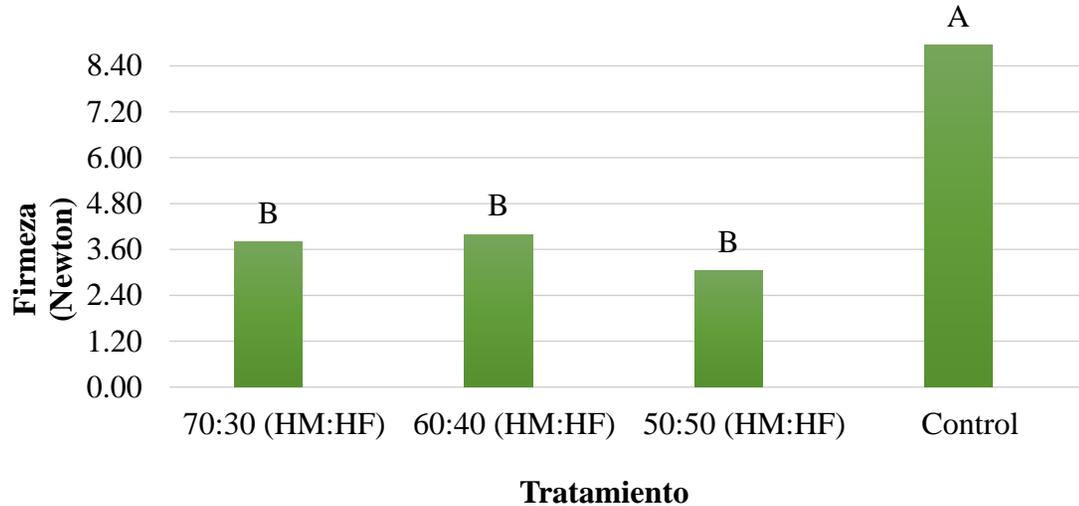


Figura 3. Resultados de análisis de fuerza de corte del control y las pastas a base de harina de maíz (HM) y frijol (HF).

Análisis de actividad de agua (A_w).

La A_w es un factor intrínseco en el alimento que indica la cantidad de agua que está disponible para que ocurran reacciones químicas y para contribuir al crecimiento microbiano (IFT 2001). De acuerdo con la Autoridad de Seguridad Alimentaria de Irlanda (FSAI 2017), la actividad de agua de las pastas secas se encuentra entre ≥ 0.30 y 0.60 . Esto se debe a la remoción física del agua del alimento por medio de la deshidratación de la pasta (IFT 2001). En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores estuvieron entre de 0.46 y 0.48 (Figura 4), cumpliendo con el rango de FSAI mencionado anteriormente. Se obtuvo un coeficiente de variación de 3.41% el cual indica que el experimento fue bien conducido.

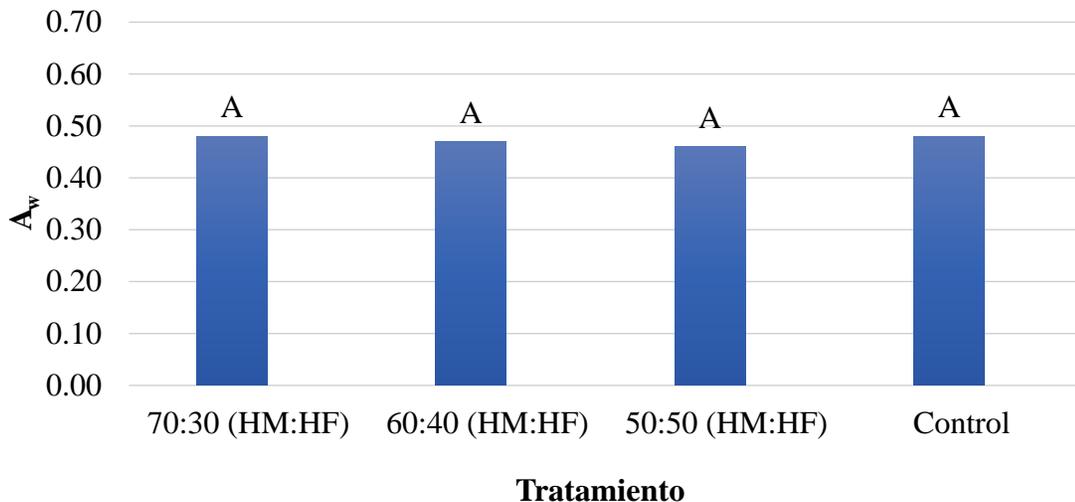


Figura 4. Resultados del análisis de actividad de agua del control y las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Análisis microbiológicos.

Las pastas secas por ser un producto con baja actividad de agua, limitan el crecimiento microbiano. No se esperaba diferencias microbiológicas entre los tratamientos. Sin embargo, pueden contener microorganismos en fase de latencia que crecen al momento de exponerse a condiciones favorables (Jay *et al.* 2005). Los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas indican que las formulaciones de la pasta de harina de maíz y de frijol cumplen con los límites máximos establecidos (Cuadro 4) siendo de 10,000 UFC/g (4 Log UFC/g) para bacterias mesófilas aerobias y < 30 UFC/g (1.48 Log UFC/g) para coliformes totales (NOM 2008).

Cuadro 4. Resultados del conteo de coliformes totales y bacterias mesófilas aerobias en las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		Coliformes totales (Log UFC/g) ^λ	BMA ^α (Log UFC/g) ^λ ± D.E. ^Ω
%HM	%HF		
70	30	<1	1.23 ± 0.50 ^A
60	40	<1	0.80 ± 0.17 ^A
50	50	<1	0.96 ± 0.45 ^A
CV ^δ (%):		0	37.91

^αBMA: bacterias mesófilas aerobias, ^λLog UFC/g: logaritmo de unidades formadoras de colonia por gramo de muestra, ^ΩD.E.: desviación estándar, ^δCV: coeficiente de variación.

Los resultados del análisis de hongos y levaduras (Cuadro 5) cumplen con los criterios establecidos para este alimento de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 1055 (2007). Esta norma indica que el límite máximo permitido es de 4000 UFC/g (3.6 Log UFC/g).

Cuadro 5. Resultados del conteo de hongos y levaduras en las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		Hongos (Log UFC/g) ^λ ± D.E. ^Ω	Levaduras (Log UFC/g) ± D.E.
%HM	%HF		
70	30	1.50 ± 0.17 ^A	1.49 ± 0.90 ^A
60	40	1.10 ± 0.17 ^B	1.03 ± 0.58 ^A
50	50	0.90 ± 0.17 ^B	0.80 ± 0.17 ^A
CV ^δ (%):		8.57	34.26

^{A-B} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05), ^λLog UFC/g: logaritmo de unidades formadoras de colonia por gramo de muestra, ^ΩD.E.: desviación estándar, ^δCV: coeficiente de variación.

Análisis sensorial.

Las características sensoriales y la aceptación de una pasta son afectadas por su forma (Shreenithee y Prabhasankar 2013) y por la cantidad de harina de leguminosas presente en la formulación (Petitot *et al.* 2009), ya que el uso de materia prima alta en fibra puede

disminuir las propiedades sensoriales de este alimento (Aravind *et al.* 2011). Además, el proceso de elaboración influye en las características finales del producto. Aunque, de acuerdo con Wójtowicz y Moscicki (2014) la adición del 30% de harina de leguminosa puede tener un efecto positivo en los parámetros sensoriales de la pasta.

Color. El color es uno de los parámetros que más influye en la decisión de compra de un consumidor (Giuberti *et al.* 2015). En los resultados de la evaluación sensorial hubo diferencias significativas ($P < 0.05$). El control obtuvo el puntaje más alto representando en la escala hedónica una calificación de “me gusta moderadamente”. El tratamiento 70:30 (HM:HF) fue calificado como “no me gusta ni me disgusta”; el 50:50 (HM:HF) fue evaluado como “me gusta poco” mientras que el 60:40 (HM:HF) era estadísticamente igual a los dos anteriores (Cuadro 6).

Olor. El control se encontró en “me gusta moderadamente” en la escala hedónica de nueve puntos, mientras que los tratamientos 50:50 (HM:HF) y 60:40 (HM:HF) “me gusta poco”. La formulación 70:30 (HM:HF) obtuvo una evaluación de “no me gusta ni me disgusta” (Cuadro 6).

Sabor. En el sabor, hubo diferencias significativas entre el control y las formulaciones con harina de maíz y de frijol ($P < 0.05$). El control fue evaluado como “me gusta moderadamente”, mientras que los otros tratamientos como “me gusta poco” (Cuadro 6). En el estudio de da Silva (2009), se evaluó el sabor de pastas elaboradas con harina de frijol sin cáscara y harina de arroz; en su mayoría, la calificación que recibieron fue “me gusta ligeramente”, “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho”.

Cuadro 6. Resultados de calificación del análisis sensorial en los parámetros de color, olor y sabor de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		Color \pm D.E.	Olor \pm D.E.	Sabor \pm D.E.
%HM	%HF			
70	30	5.80 \pm 1.74 ^C	5.87 \pm 1.55 ^B	5.67 \pm 1.75 ^B
60	40	6.03 \pm 1.52 ^{BC}	6.03 \pm 1.51 ^{AB}	6.18 \pm 1.73 ^B
50	50	6.45 \pm 1.70 ^B	6.44 \pm 1.51 ^A	6.06 \pm 1.66 ^B
Control (100% trigo)		7.03 \pm 1.44 ^A	6.51 \pm 1.53 ^A	6.74 \pm 1.67 ^A
CV ^δ (%):		25.27	24.42	27.06

^{A-C} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), ^ΩD.E.: desviación estándar, ^δCV: coeficiente de variación, escala hedónica de nueve puntos siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente.

Apariencia. En el parámetro apariencia hubo diferencia significativa ($P < 0.05$). Al igual que en el color, el control fue evaluado como “me gusta moderadamente”. Los tratamientos 60:40 (HM:HF) y 70:30 (HM:HF) como “no me gusta ni me disgusta” mientras que el 50:50 (HM:HF) únicamente fue estadísticamente igual al tratamiento 60:40 (HM:HF) (Cuadro 7).

El uso de materias primas como goma guar y aceite vegetal mejoraron este atributo en la pasta libre de gluten (Vedia Quispe 2014).

Textura. La firmeza de la pasta es un atributo altamente importante para el consumidor (Shreenithee y Prabhasankar 2013). Hubo diferencias significativas en la textura de las pastas ($P < 0.05$). El control, con una aceptación de “me gusta moderadamente”, fue el mejor evaluado comparado a los tratamientos con harina de maíz y de frijol (Cuadro 7). La adición de materia prima libre de gluten y alta en fibra puede cambiar la estructura de la pasta (Petitot *et al.* 2009). Esto ocasiona que se afecten los atributos sensoriales de textura como la cohesividad, elasticidad e hidratación de la misma (Rodrigues *et al.* 2014), por lo que, el uso de materias primas como harina de maíz y de frijol interfirieron en la calidad de textura de las muestras. Además, la adición de goma guar y de aceite vegetal tuvo un efecto positivo en este parámetro ya que incrementan la firmeza de las pastas (Prabhasankar *et al.* 2007; Vedia Quispe 2014).

Aceptación general. El control, con una evaluación de “me gusta moderadamente” fue el mejor aceptado comparado a los tratamientos con harina de maíz y de frijol que se calificaron como “me gusta poco” en la escala hedónica de nueve puntos (Cuadro 7). Estos resultados concuerdan con el estudio de Casagrandi *et al.* (1999), en donde se expone que la adición de harina de frijol disminuye la aceptación del producto. Esto es contradictorio al estudio Perussolo *et al.* (2009) en el cual, la adición de un 50% de harina de frijol en la pasta tuvo una buena aceptación. Además, los resultados de Moreira *et al.* (2016) obtuvieron una aceptación general de “me gusta moderadamente” en pastas de harina de maíz y arroz integral. Con respecto a la aceptación final de un producto, la calidad de los atributos del mismo ejerce gran influencia en la decisión del consumidor (Shreenithee y Prabhasankar 2013).

Cuadro 7. Resultados de calificación del análisis sensorial en los parámetros de apariencia, textura y aceptación general de las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF).

Tratamiento		Apariencia \pm D.E. $^{\Omega}$	Textura \pm D.E.	Aceptación \pm D.E.
%HM	%HF			
70	30	5.89 \pm 1.89 ^C	6.03 \pm 1.62 ^B	5.86 \pm 1.72 ^B
60	40	6.03 \pm 1.69 ^{BC}	6.01 \pm 1.51 ^B	6.05 \pm 1.57 ^B
50	50	6.44 \pm 1.56 ^B	6.09 \pm 1.74 ^B	6.23 \pm 1.58 ^B
Control (100% trigo)		7.16 \pm 1.48 ^A	7.02 \pm 1.41 ^A	6.87 \pm 1.40 ^A
CV ^{δ} (%):		25.87	24.92	24.49

^{A-C} Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), ^{Ω} D.E.: desviación estándar, ^{δ} CV: coeficiente de variación, escala hedónica de nueve puntos siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente.

De acuerdo con el análisis de correlación de los parámetros evaluados en el análisis sensorial, el color y la apariencia estuvieron mayormente relacionados en todos los

tratamientos. Esto se debe a que el color es un atributo percibido rápidamente por el consumidor (Fongaro y Kvaal 2013). La aceptación general tuvo mayor relación con el sabor y la textura.

La aceptación general de las pastas alimenticias tipo caracol estuvo relacionada con distintos atributos sensoriales. El control tuvo mayor relación con la apariencia (Cuadro 8), la formulación 70:30 (HM:HF) y 60:40 (HM:HF) con el atributo sabor (Cuadro 9 y 10) y el tratamiento 50:50 (HM:HF) con el sabor y la textura de la pasta (Cuadro 11).

Cuadro 8. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del control.

Atributo	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
Apariencia		0.83	0.66	0.64	0.77	0.85
Color	0.83*		0.67	0.54	0.72	0.79
Olor	0.66	0.67		0.57	0.68	0.70
Sabor	0.64	0.54	0.57		0.69	0.84
Textura	0.77	0.72	0.68	0.67		0.84
Aceptación	0.85	0.79	0.70	0.84	0.84	
P < 0.05:	< 0.0001**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^ψHM: harina de maíz, ^ΦHF: harina de frijol, ^ΩD.E.: desviación estándar, * nivel de coeficiente de correlación de Pearson, ** nivel de significancia: valores con probabilidad menor a 0.05 representan correlación significativa.

Cuadro 9. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 70:30 (HM: HF).

Atributo	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
Apariencia		0.76	0.75	0.61	0.57	0.64
Color	0.76*		0.75	0.69	0.56	0.71
Olor	0.75	0.75		0.69	0.62	0.67
Sabor	0.61	0.69	0.69		0.70	0.82
Textura	0.57	0.56	0.62	0.70		0.77
Aceptación	0.64	0.72	0.67	0.82	0.77	
P < 0.05:	< 0.0001**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^ψHM: harina de maíz, ^ΦHF: harina de frijol, ^ΩD.E.: desviación estándar, * nivel de coeficiente de correlación de Pearson, ** nivel de significancia: valores con probabilidad menor a 0.05 representan correlación significativa.

Cuadro 10. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 60:40 (HM: HF).

Atributo	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
Apariencia		0.84	0.61	0.63	0.55	0.73
Color	0.84*		0.65	0.63	0.58	0.75
Olor	0.61	0.65		0.77	0.59	0.80
Sabor	0.63	0.63	0.77		0.63	0.86
Textura	0.55	0.58	0.59	0.63		0.73
Aceptación	0.73	0.75	0.80	0.86	0.73	
P < 0.05:	< 0.0001**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^ΨHM: harina de maíz, ^ΦHF: harina de frijol, ^ΩD.E.: desviación estándar, * nivel de coeficiente de correlación de Pearson, ** nivel de significancia: valores con probabilidad menor a 0.05 representan correlación significativa.

Cuadro 11. Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial del tratamiento 50:50 (HM: HF).

Atributo	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación
Apariencia		0.87	0.68	0.58	0.69	0.73
Color	0.87*		0.71	0.56	0.69	0.77
Olor	0.68	0.71		0.50	0.60	0.62
Sabor	0.58	0.56	0.50		0.64	0.81
Textura	0.69	0.69	0.60	0.64		0.81
Aceptación	0.73	0.77	0.62	0.81	0.81	
P < 0.05:	< 0.0001**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

^ΨHM: harina de maíz, ^ΦHF: harina de frijol, ^ΩD.E.: desviación estándar, * nivel de coeficiente de correlación de Pearson, ** nivel de significancia: valores con probabilidad menor a 0.05 representan correlación significativa.

Análisis del consumo energético.

El tiempo de cocción de las pastas estuvo entre 12 y 14 minutos mientras que los frijoles tardaron en promedio 1 hora y 28 minutos para cocinarse. Este tiempo se logró disminuir por hidratar o remojar los frijoles antes de su cocción para propiciar la desnaturalización de proteínas y la gelatinización del almidón (dos Santos *et al.* 2013). Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ambos alimentos (Figura 5). El control y el tratamiento 70:30 (HM:HF) consumieron 0.24 kWh, el tratamiento 60:40 (HM:HF) 0.20 kWh y el 50:50 (HM:HF) 0.26 kWh. El coeficiente de variación fue de 5.97%. Los tratamientos 50:50 (HM:HF) y 60:40 (HM:HF) fueron estadísticamente distintos entre ellos mismos pero iguales al control y 70:30 (HM:HF). Los frijoles consumieron más energía eléctrica (1.24 kWh) que las pastas. De acuerdo con Favi *et al.* (2018), esto puede deberse a que por ser productos distintos la energía requerida para la cocción de los mismos será diferente. En el estudio de Dutilh *et al.* (2018) se expone que el gasto energético en la preparación de alimentos depende de diversos factores como: la fuente de energía, el método de cocción y el tipo y cantidad de alimento a preparar.

Según Masera *et al.* (2005), la fuente de energía utilizada en los hogares para preparar alimentos es muy variada. Esto se debe a que las familias utilizan los recursos que estén a su disposición para dar una solución a las necesidades de cocción en el hogar. Esto va acorde con lo reportado por el INE (2015), el cual indica que la principal fuente de energía para cocinar los alimentos en Honduras es la leña (54.67%) seguida por el gas propano (22.12%) y la energía eléctrica (16.69%). De acuerdo con el estudio de Cimini y Moresi (2017), el uso de un buen sistema de cocción puede ser una alternativa para tener un ahorro de energía en el hogar y por consiguiente reducir el impacto ambiental que se genera.

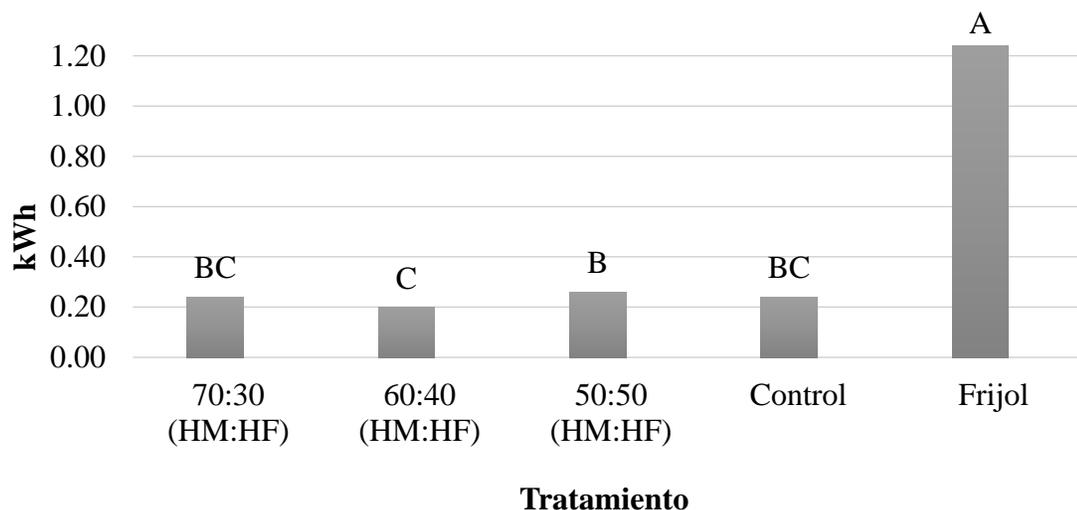


Figura 5. Resultados del análisis de consumo energético en el hogar en la cocción del control, las pastas a base de harina de maíz (HM) y harina de frijol (HF) y los granos del frijol.

4. CONCLUSIONES

- Se desarrollaron tres formulaciones de pastas alimenticias a base de harina de maíz y frijol Honduras Nutritivo.
- La proporción de 50:50 (HM:HF) afecta las características físicas de aumento de peso y volumen. La pastas desarrolladas cumplen con los parámetros de actividad de agua establecidos, asimismo la carga microbiana de las mismas.
- Las pastas a base de harina de maíz y de frijol fueron aceptadas como “me gusta poco” por los consumidores.
- En el proceso de cocción, los tratamientos evaluados demostraron requerir menos energía eléctrica en comparación con el cocimiento del frijol Honduras Nutritivo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis proximal de la harina de frijol Honduras Nutritivo.
- Realizar análisis proximal de cada una de las formulaciones de las pastas de este estudio.
- Comprobar el consumo energético de las pastas al ser cocinadas en fogón.
- Realizar un análisis sensorial de preferencia con prueba de comparación pareada de cada uno de los tratamientos con salsa y compararlos con la pasta alimenticia con salsa.

6. LITERATURA CITADA

AACC International (American Association for Cereal Chemistry International). 1999. Pasta and noodle cooking quality-firmness. AACC Method 66-50. American Association for Cereal Chemistry.

ACH (Acción Contra el Hambre). 2010. Situación alimentaria y nutricional en el corredor seco de Centroamérica [internet]. Honduras. [consultado 2018 may 21]. <http://bvssan.incap.int/local/cambio-climatico/Corredor-Seco.pdf>

Aravind N, Sissons M, Egan N, Fellows C. 2011. Effect on insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *J Food Chem.* 130(2):299-309. doi:10.1016/j.foodchem.2011.07.042

Arias SdC. 2002. Elaboración de un prototipo de frijol cocido, molido, deshidratado para uso instantáneo [Tesis]. Zamorano-Honduras. 31 p.

Bossi AC. 2008. Estudo do enriquecimento de massas alimentícias com subprodutos agroindustriais visando o melhoramento funcional e tecnológico de massas frescas [Tesis]. Universidade Estadual de Campinas-Campinas. 83 p.

Camelo GA, Flores PC, Agama E, Bello LA. 2017. Multivariable analysis of gluten-free pasta elaborated with non-conventional flours based on the phenolic profile, antioxidant capacity and color. *Plant Foods Hum Nutr.* 72(4): 411-417. doi:10.1007/s11130-017-0639-9

Casagrandi DA, Canniatti-Brazaca SG, Salgado JM, Pizzinatto A, Novaes NJ. 1999. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. *Nutr. Campinas.* 12(2):137-143. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110729/1/v12n2a03.pdf>

Cimini A, Moresi M. 2017. Energy efficiency and carbon footprint of home pasta cooking appliances. *J Food Eng.* 204: 8-17. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.01.012

Cubadda RE, Carcea M, Marconi E, Trivisonno MC. 2007. Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking of durum wheat pasta. *Cereal Chem.* 84(1):48-55. doi:10.1094/cchem-84-1-0048

Dalla AP, Silveira RC, de Oliveira A, Hickman S. 2016. Carrot flour from minimally processed residue as substitute of β -carotene commercial in dry pasta prepared with common wheat (*Triticum Aestivum*). J Food Qual. 39(6):590-598. doi:10.1111/jfq.12253

da Silva AP, Viana JL, Moraes EM, Galdeano MC. 2015. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. Cienc. Rural. 45(10):1895-1901. doi.org/10.1590/0103-8478cr20140491

da Silva C. 2009. Elaboração de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha mista de arroz polido e feijão preto sem casca pelo processo de extrusão termoplástica [Tesis]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Seropédica, RJ. 177p.

dos Santos B, Pereira R, Flávia K, Zaczuk P. 2013. Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. LWT - Food Sci. and Technology. 54(1):13-17. doi:10.1016/j.lwt.2013.05.019

Dutilh C, Blonk H, Linnemann A. 2018. Energy use in food system. Encyclopedia of the Anthropocene. 1:397-403. doi: 10.1016/B978-0-12-809665-9.09119-9

Favi C, Germani M, Landi D, Mengarelli M, Rossi M. 2018. Comparative life cycle assessment of cooking appliances in Italian kitchens. J Clean. Prod. 186:430-449. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.140

Flores PC, Berrios JdJ, Pan J, Osorio P, Bello LA. 2014. Gluten-free spaghetti made with chickpea, unripe plantain and maize flours: functional and chemical properties and starch digestibility. Food Sci. and Technology. 49(9):1985-1991. doi.org/10.1111/ijfs.12529

Fongaro L, Kvaal K. 2013. Surface texture characterization of an Italian pasta by means of univariate and multivariate feature extraction from their texture images. Food res. International. 51(2):693-705. doi:10.1016/j.foodres.2013.01.044

FSAI (Food Safety Authority of Ireland). 2017. Validation of product shelf-life. Irlanda. [consultado 2018 sep 17]. https://www.fsai.ie/publications_gn18_shelf-life/

Gallegos JA, García M, Chang S, Manthey F, Yao RF, Reynoso R, Rocha NE, González RF. 2012. Effect of the addition of common bean flour on the cooking quality and antioxidant characteristics of spaghetti. J Microbiol, biotechnol, and Food Sci. 2(2):730-744. <https://www.jmbfs.org/wp-content/uploads/2012/10/jmbfs-0131.pdf>

Gallegos JA, Rocha NE, Gonzalez RF, Ochoa LA, Corzo N, Bello LA, Medina L, Peralta LE. 2010. Quality of spaguetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). J Food Chem. 119(4):1544-1549. doi:10.1016/j.foodchem.2009.09.040

Giménez MA, Drago SR, Bassett MN, Lobo MO, Sammán NC. 2016. Nutritional improvement of corn pasta-like product with broad bean (*Vicia faba*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*). J Food Chem. 199:150-156. doi:10.1016/j.foodchem.2015.11.065

Giuberti G, Gallo A, Cerioli C, Fortunati P, Masoero F. 2015. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chem.* 175:43-49. doi:10.1016/j.foodchem.2014.11.127

GOAL, CRS (Catholic Relief Services), Ayuda en Acción. 2014. El mercado de maíz y frijol en cinco departamentos del corredor seco de Honduras [internet]. Honduras. [consultado 2018 may 21]. [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Mercado %20de%20Maiz%20y%20Frijol%20Honduras.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Mercado%20de%20Maiz%20y%20Frijol%20Honduras.pdf)

IFT (Institute of Food Technologists). 2001. Evaluation and definition of potentially hazardous foods. [consultado 2018 oct 01]. <https://www.fda.gov/downloads/food/foodborneillnesscontaminants/ucm545171.pdf>

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 2a. ed. Guatemala. [consultado 2018 oct 10]. <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf>

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2004. Encuesta de condiciones de vida de los hogares [internet]. [consultado 2018 may 19]. IDD-HND-MECOV2004

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2015. Elaboración propia en base a datos del INE. XVII censo nacional de población y VI de vivienda 2013 [internet]. Honduras. Instituto Nacional de Estadística (INE). [consultado 2018 ago 26]. <http://170.238.108.227/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CPVHND2013NAC&lang=ESP>

Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. 2005. *Modern food microbiology*. 7a. ed. Estados Unidos. Food Science Text Series. doi:10.1007/b100840

Marti A, Pagani MA. 2013. What can play the role of gluten in gluten free pasta?. *J Food Sci. and Technology*. 31(1):63-71. doi:10.1016/j.tifs.2013.03.001

Masera OR, Díaz R, Berrueta V. 2005. From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in Mexico. *Energy for Sustainable Development*. 9(1):25-36. doi:10.1016/S0973-0826(08)60480-9

Menchú MT, Méndez H. 2012. Análisis de la situación alimentaria en Honduras [internet]. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). [consultado 2018 may 21]. [http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/662-honduras-informe-analisis-de-situacion-alimentaria://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc view/662-honduras-informe-analisis-de-situacion-alimentaria](http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/662-honduras-informe-analisis-de-situacion-alimentaria://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/662-honduras-informe-analisis-de-situacion-alimentaria)

Moreira EM, Ramírez JL, Ramírez DP. 2016. Quality assessment of gluten-free pasta prepared with a brown rice and corn meal blend via thermoplastic extrusion. *LWT - Food Sci. and Technology*. 68: 698-706. doi:10.1016/j.lwt.2015.12.067

NOM-247-SSA1-2008 (Norma Oficial Mexicana). 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. Métodos de prueba [internet]. [consultado 2018 may 28]. http://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/3490/mod_resource/content/1/L%C3%ADmites%20m%C3%A1x%20permisibles%20NOM%20y%20NMX..pdf

NTC 1055 (Norma Técnica Colombiana 1055). 2007. Productos de molinería. Pastas alimenticias [internet]. [consultado 2018 may 28]. <https://www.scribd.com/doc/58308166/NTC-1055-Pastas-Alimenticias>

Peguero Pérez FEE. 2007. Perfil de antocianinas de tres variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en Honduras [Tesis]. Zamorano-Honduras. 51 p.

Perussolo A, Tenório P, Buzato LB, Pizzarno VM, Marques J, Rigo M, Dalla OR. 2009. Farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*): caracterização química e aplicação em torta de legumes. Ciências Exatas e Naturais. [consultado 2018 sep 25]. 11(2):228-236. <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/652>

Petitot M, Boyer L, Minier C, Micard V. 2010. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: pasta processing and quality evaluation. Food res. International. 43(2): 634-641. doi:10.1016/j.foodres.2009.07.020

Prabhasankar P, Rajiv J, Indrani D, Venkateswara G. 2007. Influence of whey protein concentrate, additives, their combinations on the quality and microstructure of vermicelli made from Indian *T. Durum* wheat variety. J Food Eng. 80(4):1239-1245. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.09.013

Rodrigues SM, de Mello AP, de Caldas M, Carneiro C, Moreira P, de Oliveira MA. 2015. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. J Food Chem. 191:147-151. doi:10.1016/j.foodchem.2015.04.085

Rosas JC, Escoto D. 2003. Propuesta de la liberación de la nueva variedad de frijol de grano rojo claro brillante "AMADEUS 77" [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano y Programa Nacional de Frijol, DICTA/SAG-Honduras. 11p.

Rosas JC, Escoto D, Meza N. 2016. Propuesta de liberación de la variedad de frijol biofortificado de grano rojo claro brillante "Honduras Nutritivo" [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano, Programa Nacional de Frijol, DICTA/SAG y Programa Nacional de Investigación Agrícola, DICTA/SAG. 12p.

RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano). 2005. Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios [internet]. [Consultado 2018 ago 28]. <http://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>

Salfinger Y, Tortorello ML. 2015. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5a. ed. Washington D.C. American Public Health Association. doi.org/10.2105/MBEF.0222

Shreenithee CR, Prabhasankar P. 2013. Effect of different shapes on the quality, microstructure, sensory and nutritional characteristics of yellow pea flour incorporated pasta. Food Measurement and Characterization. 7(4): 166-176. doi:10.1007/s11694-013-9152-5

Sissons M. 2016. Pasta. Reference Module in Food Science. doi:10.1016/b978-0-08-100596-5.00123-2

Song X, Zhu W, Pei Y, Ai Z, Chen J. 2013. Effects of wheat bran with different colors on the qualities of dry noodles. J Cereal Sci. 58(3):400-407. doi:10.1016/j.jcs.2013.08.005

Sozer N. 2007. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. Food Hyd. 23: 849-855. doi:10.1016/j.foodhyd.2008.03.016

UPEG (Unidad de Planeamiento y Evaluación de la Gestión). 2015. Análisis de coyuntura del cultivo de frijol en Honduras [internet]. Honduras. [consultado 2018 may 21]. <http://sisem.sag.gob.hn/PSME/D15LMU.php?id=631>

Vedia Quispe VS. 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]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 30 p.

Wójtowicz A, Moscicki L. 2014. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. LWT - Food Sci. and Technology. 59(2):1175-1185. doi:10.1016/j.lwt.2014.06.010

7. ANEXOS

Anexo 1. Grado de acidez alcohólica de una repetición.

Tratamiento	Acidez Alcohólica (%)
Control	1.5
70:30 (HM ^Ψ :HF ^Φ)	1
60:40 (HM:HF)	1
50:50 (HM:HF)	1.5

^Ψ HM: harina de maíz, ^Φ HF: harina de frijol.

Anexo 2. Evaluación de correlación entre el análisis sensorial y físico de color.

Tratamiento	Color	
	Corr [*] : Sensorial/Físico	Significancia
Control	-0.10429	NS ¹
70:30 (HM ^Ψ :HF ^Φ)	0.12233	NS
60:40 (HM:HF)	-0.05010	NS
50:50 (HM:HF)	0.12603	NS

^Ψ HM: harina de maíz, ^Φ HF: harina de frijol, ^{*}Corr: correlación, ¹NS: no es significativo, probabilidad < 0.05.

Anexo 3. Evaluación de correlación entre el análisis sensorial y físico de textura.

Tratamiento	Textura	
	Corr [*] : Sensorial/Físico	Significancia
Control	-0.01488	NS ¹
70:30 (HM ^Ψ :HF ^Φ)	-0.01299	NS
60:40 (HM:HF)	-0.01727	NS
50:50 (HM:HF)	-0.02123	NS

^Ψ HM: harina de maíz, ^Φ HF: harina de frijol, ^{*}Corr: correlación, ¹NS: no es significativo, probabilidad < 0.05.

Anexo 4. Hoja de evaluación sensorial de la pasta tipo caracol.

Hoja de evaluación sensorial de “Pasta tipo caracol”

Fecha: _____

Nacionalidad: _____

Instrucciones

A continuación, encontrará cuatro muestras codificadas de pastas para que las evalúe según las características sensoriales mostradas en los cuadros. Limpie su paladar con agua y galleta soda 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. Califique una vez cada muestra.

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 me disgusta	6 Me gusta poco	7 Me gusta modera- damente	8 Me gusta mucho	9 Me gusta extrema- damente
Aparien- cia									
Color									
Olor									
Sabor									
Textura									
Acepta- ción general									

Observaciones: _____

Anexo 5. Composición nutricional de la formulación 70:30 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.

Ingredientes	g *	E[‡] (Kcal)	Agua (%)	Pr^Ω (g)	G.T.^δ (g)	CHO^λ (g)	F.T.^ε (g)	Fe^χ (mg)	Zn^γ (mg)
Agua	53	0.00	53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de maíz Maseca	30.8	112.42	2.78	2.88	1.16	23.49	2.96	2.22	0.55
Harina de frijol H.N. [€]	13.2	45.46	1.23	3.98	0.10	7.16	0.00	1.08	0.66
Goma guar	1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite vegetal	1.2	10.61	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100	168.49	57.01	6.86	2.46	30.65	2.96	3.30	1.21

*g: gramos, **mg: miligramos, ‡E: energía, ΩPr: proteína, δG.T.: grasas totales, λCHO: carbohidratos, εF.T.: fibra total, χFe: hierro, γZn: cinc, €H.N.: Honduras Nutritivo.

Anexo 6. Composición nutricional de la formulación 60:40 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.

Ingredientes	g *	E[‡] (Kcal)	Agua (%)	Pr^Ω (g)	G.T.^δ (g)	CHO^λ (g)	F.T.^ε (g)	Fe^χ (mg^{**})	Zn^γ (mg)
Agua	53	0.00	53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de maíz Maseca	26.4	96.36	2.38	2.47	1.00	20.14	2.53	1.90	0.47
Harina de frijol H.N. [€]	17.6	60.61	1.65	5.31	0.13	9.55	0.00	1.44	0.88
Goma guar	1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite vegetal	1.2	10.61	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100	167.58	57.03	7.78	2.33	29.68	2.53	3.34	1.35

*g: gramos, **mg: miligramos, ‡E: energía, ΩPr: proteína, δG.T.: grasas totales, λCHO: carbohidratos, εF.T.: fibra total, χFe: hierro, γZn: cinc, €H.N.: Honduras Nutritivo.

Anexo 7. Composición nutricional de la formulación 50:50 (HM: HF) en una porción de 100 gramos.

Ingredientes	g *	E[‡] (Kcal)	Agua (%)	Pr^Ω (g)	G.T.^δ (g)	CHO^λ (g)	F.T.^ε (g)	Fe^χ (mg)	Zn^γ (mg)
Agua	53	0.00	53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de maíz Maseca	22	80.30	1.99	2.05	0.83	16.78	2.11	1.59	0.39
Harina de frijol H.N. ^ε	22	75.77	2.06	6.64	0.17	11.93	0.00	1.80	1.10
Goma guar	1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite vegetal	1.2	10.61	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100	166.67	57.04	8.69	2.20	28.71	2.11	3.38	1.50

*g: gramos, **mg: miligramos, ‡E: energía, ΩPr: proteína, δG.T.: grasas totales, λCHO: carbohidratos, εF.T.: fibra total, χFe: hierro, γZn: cinc, εH.N.: Honduras Nutritivo.