

**Desarrollo de prototipos de pastas con forma  
de caracol a partir de harina de plátano  
(*Musa paradisiaca*) o berenjena (*Solanum  
melongena*)**

**Walter Geovany Cartagena Duarte**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de prototipos de pastas con forma  
de caracol a partir de harina de plátano  
(*Musa paradisiaca*) o berenjena (*Solanum  
melongena*)**

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

Presentado por

**Walter Geovany Cartagena Duarte**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2019

## **Desarrollo de prototipos de pastas con forma de caracol a partir de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) o berenjena (*Solanum melongena*)**

**Walter Geovany Cartagena Duarte**

**Resumen.** Las pastas, son productos fabricados a partir de sémola de trigo, huevo y agua, estos son reconocido por ser una de las fuentes principales de carbohidratos con bajos contenidos de fibra dietética. Al deshidratar el plátano y la berenjena incrementan sus niveles nutricionales, convirtiéndose en productos beneficiosos para la salud. Se elaboraron pastas con dos niveles de sustitución (70:30 & 50:50) utilizando harina de plátano o harina de berenjena en combinación con sémola de trigo y se evaluaron sus características fisicoquímicas. El estudio constó de dos fases, en la primera se elaboraron harinas a partir de plátano o berenjena, partiendo de su deshidratación y molienda. Se realizaron análisis de humedad, cenizas y granulometría. Para la primera fase se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) ( $P < 0.05$ ). En la segunda fase, se elaboraron las pastas a partir de berenjena y plátano, se les realizaron análisis de actividad de agua (Aw), grasa cruda, fibra dietética, proteína cruda y textura. En la segunda fase, se usó un DCA ( $P < 0.05$ ). Se encontraron aumentos en los porcentajes de fibra dietética con diferencia significativas entre tratamientos tratándose de fuentes de fibra. También tuvieron reducción en los niveles de grasa y proteína, siendo los más afectados los tratamientos de plátano. Para el análisis de textura los tratamientos más parecidos fueron los de plátano, asemejándose a los de sémola de trigo y se vieron afectados todos los parámetros de textura. Se recomienda utilizar otros ingredientes para mejorar la textura, sustituciones mayores en plátano y menores en la berenjena.

**Palabras clave:** Fibra dietética, granulometría, nutrición, sustitución, textura.

**Abstract.** Pasta is a product elaborated from wheat semolina, egg and water. It is one of the most recognized products in the world for being one of the main sources of carbohydrates containing low dietary fiber. By dehydrating green banana and eggplant their nutritional levels increase, making these flours contribute high health benefits. In this study, pasta was made with two levels of substitution (70:30 & 50:50) with both flours in combination with Wheat semolina, evaluating their physicochemical characteristics. The study consisted of two phases: In the first phase pasta was made from green bananas or eggplants, from dehydration and grinding. Analysis of moisture, ashes and granulometry were performed. Moreover, in the first phase the design used was a Completely Random Design (CRD) ( $P < 0.05$ ). In the second phase, pasta was also made from green bananas and eggplants. Analysis of water activity (Aw), raw fat, dietary fiber, raw protein and texture was performed. In the second phase, a CRD was also used ( $P < 0.05$ ). Increasing percentages of dietary fiber with significant differences were found in the treatments having fiber sources. There was also a decrease in the levels of fats and proteins, and green banana treatments the most affected ones. As for the texture analysis, the treatments more similar were those of green banana, resembling those of wheat semolina, all texture parameters were affected. It is recommended to use other ingredients for a better texture,

**Key words:** Dietary fiber, granulometry, nutrition, substitution, texture.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental de la I fase del estudio. ....	4
2. Formulación de pastas con harina de berenjena o harina de plátano en dos diferentes sustituciones (70:30 y 50:50) en combinación con sémola de trigo.....	5
3. Descripción del análisis estadístico y diseño experimental de la II fase. ....	5
4. Análisis de humedad y cenizas de las harinas de berenjena, plátano y el control (Sémola). ....	7
5. Análisis de color en las harinas de plátano, berenjena y el control en las escalas L* a* b*.....	8
6. Análisis de granulometría en las harinas de plátano, berenjena y la sémola de trigo (control).....	9
7. Análisis de actividad de agua en los tratamientos de pastas y el control .....	10
8. Composición química (proteína, grasa y fibra dietética) de los diferentes tratamientos de pastas y el control.....	11
9. Análisis de textura (Dureza, adhesividad, cohesividad y elasticidad) en los tratamientos de pastas y el control.....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

El origen de las pastas se remonta al siglo XIII, una de las hipótesis de su descubrimiento se atribuye a Marco Polo, quien las introdujo a Italia en uno de sus viajes a China en 1271. Para 1914, el gran desarrollo de la pasta italiana en el cambio de siglo, estuvo muy ligado a la exportación, la cual, alcanzó un alto récord de 70.000 toneladas, muchas de las cuales fueron dirigidas hacia los Estados Unidos. Más tarde, países importadores comenzaron a producir máquinas para fabricar sus propias pastas (IPO-s.f). Para el 2012 se produjeron más de 13.5 millones de toneladas de pastas en el mundo, siendo Estados Unidos, Italia, Brasil y Turquía sus mayores productores con 7.6 millones de toneladas entre los cuatro. Los países con mayor consumo de *kg per cápita* son Italia, Venezuela y Túnez (IPO Survey 2013).

La Berenjena es un producto de gran importancia a nivel de exportación en Honduras, de acuerdo con datos del Banco Central de Honduras, en los últimos ocho años (2012-2016), las exportaciones de berenjena se han mantenido en un promedio de 4.6 millones de dólares (FIDE 2017). Es debido a ello que la berenjena se ha convertido en un cultivo importante en las zonas centro y sur del país. Su valor energético y nutritivo es pequeño comparado con el de otras verduras y hortalizas, siendo el agua el componente mayoritario, es de contenido fibroso medio, pero más localizado en piel y semillas (FEN 2013).

La berenjena es una hortaliza que posee alto contenido de agua y bajo contenido calórico, además de ser una fuente de potasio y vitamina C, contiene compuestos fenólicos con actividad antioxidantes, se le atribuye propiedades antitumorales y anticolesterolémicas. Su consumo se aprovecharía mejor en fresco pero debido a corta vida útil, limita su disponibilidad (Acurio *et al* 2014). La berenjena se le atribuye la capacidad de disminuir la cantidad de colesterol en la sangre hasta un 50%, gracias a lo cual, retarda el proceso de aterosclerosis, mejora el trabajo de los intestinos y aumenta la eliminación urinaria (García *et al.* 2003).

El plátano por otra parte, es uno de los cultivos con mayor extensión y producción en el territorio hondureño, teniendo una producción de 111,265 toneladas y un área total de 8,889 ha para el año 2017 (FAO 2019). Es un alimento con elevados contenidos de azúcares, vitaminas, sales minerales y proteínas. Es de alto valor nutricional, ya sea al natural o preparado en pastas, dulces o confituras, es un excelente alimento y con la harina blanda, aromática, dulce, es de fácil digestión, muy apropiada para los enfermos, convalecientes y superior a todas las demás harinas alimenticias (Encarnación y Salinas 2017).

El índice glucémico de la harina de plátano verde se clasifica como bajo, este proporciona una reducción en la presión sistólica, en la circunferencia de la cadera y en la glicemia en mujeres con síndromes metabólicos, este también reduce la respuesta glucémica postprandial (Encarnación y Salinas 2017).

La idea de darle un valor agregado a la berenjena y al plátano es aprovechar todo el producto no calificado como producto para exportación o de comercialización interna y convertirlo en harinas, ya sea para un nicho específico o para toda la población en territorio nacional. El plátano verde deshidratado se puede convertir en harina con aplicaciones múltiples en la industria de los alimentos (Pacheco y Testa 2005). Por tales razones, se definieron los siguientes objetivos para el estudio:

- Elaborar harinas de plátano y berenjena a partir de su deshidratación y molienda.
- Sustituir parcialmente la harina de trigo con harina de berenjena y harina de plátano para el desarrollo de pastas.
- Evaluar las características físicas y químicas de las pastas en comparación con una pasta comercial.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Localización del estudio.**

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, los productos se elaboraron en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA) y los análisis realizados a cada uno de los productos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), estos pertenecientes al departamento de Agroindustria Alimentaria.

### **Materiales.**

Berenjenas de la variedad listada de Gandía, sémola de trigo conseguidas en supermercado local, plátano verde de la variedad Cuerno cosechados en Choloma, Cortés. Entre otros la combinación de gomas, Goma Xanthan y Goma Guar.

### **Equipos utilizados.**

- Brookfield CT3/ Instron
- Balanza Analítica Ohaus
- Aqualab
- Unidad de extracción Soxhlet
- Colorímetro Hunter L\*a\*b
- Deshidratador
- Horno de convección Fisher Scientific
- Kjeltex 8200 Unidad destiladora
- Molino
- Mufla marca Syborn
- Potenciómetro OHAUS®
- Procesadora PASTAIA

El estudio se realizó en dos fases las cuales se muestran a continuación:

### **Fase I.**

**Caracterización de la materia prima y elaboración de ambas harinas.** Se utilizaron plátanos verdes variedad Cuerno, cosechados en el norte del país y berenjenas conseguidas en mercado local de Tegucigalpa. La elaboración de la harina de plátano comenzó con el secado del plátano en un horno de convección a 105 °C durante 4.5 h., seguido de la molienda y almacenamiento. La berenjena se secó en un horno a 90 °C durante 5 horas, luego se molió hasta obtener una harina. El método de secado para el plátano fue utilizado previamente por Torres *et al.* (2013).

**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado en la elaboración de harinas fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), con una separación de medias Duncan con un nivel de significancia del 95%. Se evaluaron dos tratamientos y un control con tres repeticiones para cada uno, tales como se muestran en el cuadro 1. Los tratamientos fueron harina de berenjena, harina plátano y el control es la sémola de trigo.

Cuadro 1. Diseño experimental de la I fase del estudio.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Unidades Experimentales</b>
Sémola (control)		
Berenjena	3	9
Plátano		

**Humedad.** Se desarrolló utilizando el método AOAC 950.46, en el cual, se secaron los crisoles y se pesaron, luego se taro y se pesó la muestra, se pesaron  $3.000 \pm 0.005$  g de la harina de berenjena o plátano. Se secaron a 105 °C durante 18 h., luego se pesó el crisol con la muestra para obtener el peso sin la humedad.

**Ceniza.** Se efectuó el análisis de cenizas mediante el método AOAC 923.03 en una mufla Sybron. Se pesaron  $3.000 \pm 0.005$  g de las harinas homogenizada. Se colocaron las muestras de las tres harinas en crisoles de porcelana en la mufla a 500 °C por 8 horas.

**Granulometría.** Se desarrolló mediante el método AOAC 965.22 para granulometría (Tyler). La dimensión de partícula se clasificó mediante el tamizado de 50 g de harina de plátano y berenjena en diferentes tamices (30, 40, 60, 100 y fondo) después de la agitación. Se registró el peso retenido por cada tamiz utilizando una balanza digital.

**Color.** Se desarrolló el método mediante el colorímetro Color FLEX Hunter Lab (AN 1018.00). Se realizó el análisis de calibrados antes de analizar las muestras, mediante un color estándar blanco, negro y verde. Se rellenó el lente hasta al tope para realizar análisis de cada harina para obtener como resultados las escalas de color  $L^* a^* b^*$ .

## II Fase.

**Elaboración de las pastas.** En el cuadro 2 se pueden observar las formulaciones de pastas a partir de harina de plátano y harina de berenjena, en combinación con sémola de trigo. Se elaboraron mezclas berenjena: trigo (70:30), berenjena: trigo (50:50), plátano: trigo (70:30) y plátano: trigo (50:50). Se elaboraron las pastas en base a una formulación de 60 gramos, en los cuales se obtuvo el 70 y el 50%, las cuales serían utilizadas para la mezcla, restándole el 2% para el uso de la combinación de gomas (Xanthan y Guar), estas se obtuvieron a través de Distribuidora del Caribe.

Cuadro 2. Formulación de pastas con harina de berenjena o harina de plátano en dos diferentes sustituciones (70:30 y 50:50) en combinación con sémola de trigo.

<b>Formula</b>	<b>70:30 (%)</b>	<b>50:50 (%)</b>
Harina plátano o berenjena	48.86	33.77
Sémola	21.56	35.93
Gomas	1.44	2.16
Agua	28.14	28.14
Total	100.00	100.0

**Diseño experimental.** Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con una separación de medias Duncan y con un nivel de significancia del 95%. En el cuadro 3 se puede observar que se evaluaron cuatro tratamientos, cada tratamiento consiste en una mezcla Plátano: trigo y Berenjena: trigo, en proporciones de 70:30 y 50:50. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento, con un total de doce unidades experimentales, más los controles

Cuadro 3. Descripción del análisis estadístico y diseño experimental de la II fase.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Unidades Experimentales</b>
Sémola (control)		
HP:ST (70:30)		
HP:ST (50:50)	3	15
HB:ST (70:30)		
HB:ST (50:50)		

HB: harina de berenjena; HP: harina de plátano; ST; sémola de trigo (70:30 & 50:50): porcentaje de sustitución HB o HP:ST

**Actividad de agua.** Se realizaron análisis de actividad de agua por el método AOAC 978.18. Se utilizó 1 g de pasta tamizada o molida, se ingresó en un contenedor cada muestra. Cada muestra se hizo por duplicado para obtener un resultado más exacto.

**Grasa cruda.** El análisis de grasa se realizó por medio del método Soxhlet, en el cual se pesaron  $3 \pm 0.0050$  g de muestra en cada dedal de celulosa, luego se agregaron 2 g de Celite 545 a cada dedal con muestra y se cubrió con algodón. Se realizó un lavado con hexano durante 4 horas por cada muestra. Seguido del lavado, se llevó cada balón plano al rotoevaporador para eliminar todo el hexano. Por último, se llevó el balón con la grasa al horno por convección a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas, este luego se enfrió y se pesó, para obtener el valor final de grasa cruda.

**Proteína cruda.** La proteína se obtuvo a partir del método AOAC 2001.11, por medio del destilador Kjeltex 8200. Se pesó 1 g para muestras abajo del 25% de proteína, se envolvió en papel para pesar y se ingresó en los tubos del Kjeltex. Luego se agregaron 2 tabletas de catalizadoras en cada tubo y 12 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Luego se colocaron durante 60 minutos los tubos en el digestor a  $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se enfriaron durante 10-20 min. Luego se realizó la destilación en el destilador Kjeltex, durante 4 minutos, para luego realizar la titulación con  $\text{HCl}$  0.1 M para obtener el porcentaje de nitrógeno y luego obtener el porcentaje de proteína mediante las siguientes ecuaciones:

$$\%N = \frac{(T-B) \times N \times 14.007}{M \times 10} \quad [1]$$

$$\%Proteína = \%N \times 6.25 \quad [2]$$

**Fibra dietética.** Se realizó el análisis de fibra dietética mediante el método AOAC 985.29. Se homogenizaron las muestras y se pesaron en la tapa del beaker Berzelius  $1 \pm 0.005$  g, luego se agregaron 50 ml de solución Buffer fosfato. Se agregaron 100  $\mu\text{l}$  de alfa amilasa después 15 min en baño maría a  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , también de proteasa durante 30 min a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  y amilogucosidasa por el mismo tiempo y temperatura. Para la proteasa, se ajustó el pH a 7.5 y para amilogucosidasa se ajustó a 4.0-4.5. Se precalentaron 280 ml de etanol al 95% para cada beaker a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se dejó precipitar durante 1 hora. Luego, se filtró en los crisoles con 1 g de Celite en una bomba al vacío. Al finalizar el filtrado, se realizaron tres lavados con alcohol al 78%, etanol al 95% y acetona, 10 ml cada lavado. Se realizó un secado durante toda la noche en el horno por convección a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se pesó el total de fibra dietética. El peso se corrigió con la obtención de las cenizas.

**Textura.** La textura se midió mediante método ASTM E83 de compresión en el equipo brookfield CT3/ Instron. Se realizó la cocción de cada una de las muestras durante 10 minutos, se midió el ancho, largo y altura de cada una de las pastas, con 20% de fuerza y con doble ciclo. Esto nos daba como resultado la dureza, elasticidad, cohesividad y adhesividad de cada una de las muestras.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de humedad en las harinas es uno de los parámetros más importantes a calificar ya que este define su vida útil. El porcentaje máximo para una harina de trigo según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) no debe ser mayor al 15.5%. Se realizaron secados diferentes para ambos productos y se comparó con la sémola de trigo. Para el plátano, se realizó un secado a 105 °C durante 4 horas obteniendo un 3.76% de humedad promedio. En la berenjena se secó a una temperatura 90 °C durante 5 horas obteniendo un 4.24% de humedad en promedio. En el cuadro 4 se puede observar que no se encontró diferencia significativa entre la humedad de los tratamientos, pero si entre el control y los tratamientos. Estos datos fueron comparados con los de Encarnación y Salinas (2017) y Mazzeo *et al.* (2010) para la harina de plátano, Encarnación y Salinas (2017) demuestran resultados de tres tipos de secado diferente, obteniendo resultados de 10.40, 2.77 y 1.56%. Estos aseguran que el mejor tratamiento fue el que tiene por resultado el 10.40% de humedad, debido a que, al no existir un porcentaje de humedad específico para el plátano, valores entre 11-12% serían los óptimos. Estos resultados fueron similares por los reportados por Mazzeo *et al.* (2010).

Cuadro 4. Análisis de humedad y cenizas de las harinas de berenjena, plátano y el control (Sémola).

Tratamientos	Humedad (%)	Ceniza (%)
Sémola (Control)	12.13 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.07 <sup>c</sup>
H. Plátano	3.76 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.06 ± 0.16 <sup>b</sup>
H. Berenjena	4.24 ± 0.41 <sup>b</sup>	8.52 ± 0.44 <sup>a</sup>
Valor P	<0.0001	<0.0001
C. V (%)	4.65	5.79

Los valores son representados como media ± desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abc</sup>: letras diferentes representan diferencia significativa.

C. V: Coeficiente de variación

H: harina

En la berenjena se encontraron resultados diferentes a los reportados por Scorsatto *et al.* (2017), donde obtuvieron humedades del 11.89% comparado con el 4.24% obtenido en la berenjena en este estudio, como se puede observar en el cuadro 4. Esto se debe a la diferencia de temperaturas y tiempos utilizados en el estudio de Scorsatto *et al.* (2017). En otro estudio encontrado, desarrollado por Uthumporn *et al.* (2015) se muestran resultados

más bajos a los obtenidos por Scorsatto y mayores a los obtenidos por este estudio, debido a que estos utilizaron temperaturas muchos más bajas, pero a un mayor tiempo (72 h). Sin embargo, a pesar de las diferencias con otros estudios, ambas harinas (plátano y berenjena) cumplen con los requisitos presentados por el RTCA antes mencionados.

En las cenizas se pueden encontrar los minerales presentes en un alimento, estos son material inorgánico, producto de la eliminación del material orgánico y agua en una matriz alimenticia. En el cuadro 4 se pueden observar los porcentajes de cenizas encontrados. Se encontró que hubo diferencia significativa en los tratamientos y el control. El plátano obtuvo un 2.06% de cenizas, este resultado concuerda con los obtenidos por Mazzeo *et al.* (2010) teniendo como resultado 2.5% de cenizas, esto debido a que el plátano posee minerales como el calcio, hierro, potasio y sodio. Para la berenjena se obtuvo el mayor porcentaje de cenizas, con un 8.52%, y el cual concuerda con los datos reportados por Uthumporn *et al.* (2016) con 8.13-8.73% de cenizas en todas las variedades utilizadas.

En el cuadro 5 se puede observar los resultados de color para las harinas en las escalas L\*a\*b, donde L represente el nivel de luminosidad (0-100), a\* representa el rango de verde a rojo ( $\pm 60$ ) y el b\* representa el rango de azul a amarillo ( $\pm 60$ ). En el cuadro 5 se puede observar que hubo diferencia significativa en los tratamientos y el control, siendo el valor L de la harina de plátano y sémola las cuales no obtuvieron diferencia significativa. Los datos para berenjena ubicados en el cuadro 5 difieren de los obtenidos por Rodriguez *et al.* (2018), siendo mayores en los parámetros L\*, a\* y siendo mayor los obtenidos en este estudio en el parámetro b\*. Estas discrepancias, podrían deberse a la diferencia en el tipo de secado utilizado, en este estudio, ya que las temperaturas fueron más altas comparadas a las utilizadas por Rodriguez, esto causando una posible caramelización en los azúcares presentes en la berenjena.

Cuadro 5. Análisis de color en las harinas de plátano, berenjena y el control en las escalas L\* a\* b\*.

Tratamiento	L*	a*	b*
Control (Sémola)	81.06 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	2.15 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	29.08 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>
Harina Plátano	80.82 $\pm$ 0.99 <sup>a</sup>	1.35 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>	17.92 $\pm$ 1.79 <sup>c</sup>
Harina Berenjena	43.78 $\pm$ 1.37 <sup>b</sup>	11.75 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	24.91 $\pm$ 0.51 <sup>b</sup>
Valor P	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C. V (%)	1.51	4.44	3.92

Los valores son representados como media  $\pm$  desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abc</sup>: letras diferentes representan diferencia significativa.

C. V: Coeficiente de variación

L\* (0-100); a\*( $\pm 60$ ) verde a rojo; b\*( $\pm 60$ ) azul a amarillo

En los resultados obtenidos por parte de la harina de plátano se obtuvieron resultados que concuerdan con los de Kumar *et al.* (2018), quienes especifican que el valor L para las harinas de trigo y de plátano deben de ser mayores a 80 (L\*>80). También para el valor b\*

concuerdan con los resultados obtenidos por Kumar, 20.44 para b. El color del plátano se debe a que es un producto verde, no presenta el cambio de color entre amarillo y naranja que presenta un plátano maduro, mientras que las enzimas no afectaron debido a que después del pelado se colocaron inmediatamente en los hornos.

En el cuadro 6 se puede observar el porcentaje de gránulos retenidos por cada mesh en cada una de las harinas. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos en cada mesh. Se encontró diferencia significativa en los dos tratamientos y el control en la base (<150  $\mu\text{m}$ ). Para la harina de plátano se obtuvo que el 77.78% de los gránulos se encuentran en los más finos, estos difieren de los obtenidos por Encarnación y Salinas (2017), ellos resaltan que no es adecuado establecer una comparación a modo de validar tal resultado, ya que en los demás números de tamices los porcentajes de retención tienden a variar entre uno y otro, esto debido a que los materiales, métodos de molienda y el tipo de análisis granulométrico difieren de un lugar a otro.

Cuadro 6. Análisis de granulometría en las harinas de plátano, berenjena y la sémola de trigo (control).

Tratamiento	600 $\mu\text{m}$	425 $\mu\text{m}$	250 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{m}$	<150 $\mu\text{m}$
Sémola	0.00 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	21.11 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>	58.89 $\pm$ 1.90 <sup>a</sup>	16.67 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	3.33 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>
H. Plátano	3.33 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	11.11 $\pm$ 1.92 <sup>b</sup>	7.78 $\pm$ 1.92 <sup>c</sup>	10.00 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	67.78 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>
H. Berenjena	18.89 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>	20.00 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	14.4 $\pm$ 1.91 <sup>b</sup>	15.56 $\pm$ 1.92 <sup>a</sup>	31.11 $\pm$ 1.92 <sup>b</sup>
Valor P	0.0002	0.0115	<0.0001	0.01	<0.0001
C. V (%)	14.98	10.98	6.5	7.91	5.15

Los valores son representados como media  $\pm$  desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abc</sup>: letras diferentes representan diferencia significativa.

C. V: Coeficiente de variación

La berenjena difiere de sus porcentajes de gránulos comparados a la harina de plátano, el 53.33% de la granulometría de la berenjena se encuentra en los primeros 3 mesh (250-600  $\mu\text{m}$ ). Según otro estudio realizado por Valerga *et al.* (2019), se encontró que un 10% de la harina de berenjena estaba en  $\leq 500 \mu\text{m}$ , este siendo diferente a los resultados de este estudio. Las diferencias con este estudio se pueden deber a factores como el tipo de molienda utilizados, también por la cantidad de semillas presentes en las berenjenas, estas siendo la principal fuente de fibra del producto.

El cuadro 7, presenta la comparación de actividad de agua entre los diferentes tratamientos de pastas y el control. Se puede observar que al menos uno de los tratamientos fue diferente de los de más y todos fueron diferentes al control, por lo tanto, si hubo diferencia significativa. Estos datos difieren de los obtenidos por Aguilar (2017), quien reportó una Aw por debajo de 0.375, diferente a los resultados de este estudio. Esto se debe al tipo de secado utilizado por Aguilar (2017), con temperaturas de secados de 50, 60, 85 y 105, con tiempos de 4 a 18 h. Sin embargo, los tratamientos cumplen con el requisito de actividad

de agua en una pasta seca, que es debajo de 0.6 (FSAI 2017). Es debido a la baja Aw que poseen estos alimentos que pueden llegar hasta un tiempo de vida útil de hasta 2 años.

Cuadro 7. Análisis de actividad de agua en los tratamientos de pastas y el control.

<b>Tratamiento</b>	<b>Aw ± D. E</b>
Control (ST)	0.520 ± 0.003 <sup>a</sup>
HB:ST 50:50	0.457 ± 0.035 <sup>b</sup>
HB:ST 70:30	0.405 ± 0.005 <sup>c</sup>
HP:ST 50:50	0.419 ± 0.011 <sup>bc</sup>
HP:ST 70:30	0.421 ± 0.023 <sup>bc</sup>
Valor P	<0.0028
C.V (%)	4.82

Los valores son representados como media ± desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abc</sup>: letras diferentes representa una diferencia significativa estadísticamente.

C. V: Coeficiente de variación.

TRT: Tratamientos.

HB: Harina de berenjena; HP: Harina de plátano; ST: sémola de trigo; Aw: Actividad de agua.

(70:30 & 50:50): porcentajes de sustitución HB o HP: ST

En el cuadro 8 se muestran los porcentajes de proteína, fibra dietética y grasa, componentes fundamentales en los alimentos. En los valores de proteína se encontró diferencias significativas entre tratamientos, siendo la berenjena la que más se asemeja al porcentaje del control, mientras que los tratamientos a partir de plátano redujeron drásticamente los niveles de proteína. Las pastas deben tener un porcentaje de proteínas mayor o igual a 11.5%, para pastas con huevo este debe ser mayor al 13%, esto según el ministerio de Agroindustria de Argentina (2016). El estudio de Valerga *et al.* (2019), obtiene resultados muy similares para la berenjena en un porcentaje mayor a los de este estudio, esto debido a la diferencia en el producto realizado por ellos y los diferentes porcentajes de sustitución.

En un estudio realizado por Castelo-Branco *et al.* (2017), acerca de la sustitución de harina de plátano en pastas, demuestran tener porcentajes mayores a los de este estudio en proteína, esto se debe a que los porcentajes de sustitución utilizados por ellos fueron menores, en un 15 y 30%, en comparación a los de este estudio, 50 y 70% de sustitución. Cabe destacar que el plátano no es un alimento alto en proteína, pero sí en fibras, almidón, potasio, entre otros, siendo la sémola el mayor aportador de proteína en la formulación.

Cuadro 8. Composición química (proteína, grasa y fibra dietética) de los diferentes tratamientos de pastas y el control

<b>Tratamiento</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Fibra Dietética (%)</b>
Control (ST)	14 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.06 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.10 <sup>c</sup>
HB:ST 70:30	12.65 ± 0.53 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.01 <sup>a</sup>	39.37 ± 0.53 <sup>a</sup>
HB:ST 50:50	12.91 ± 1.03 <sup>ab</sup>	1.15 ± 0.05 <sup>a</sup>	29.84 ± 0.93 <sup>b</sup>
HP:ST 70:30	4.31 ± 0.36 <sup>c</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>b</sup>	17.39 ± 1.15 <sup>c</sup>
HP:ST 50:50	5.30 ± 0.35 <sup>c</sup>	0.83 ± 0.06 <sup>b</sup>	14.11 ± 1.38 <sup>d</sup>
Valor P	<0.0001	<0.0001	<0.0001
C. V (%)	6.20	6.31	4.73

Los valores son representados como media ± desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abcde</sup>: letras diferentes representan diferencia significativa.

C. V: Coeficiente de variación

HB: Harina de Berenjena; HP: Harina de Plátano; ST: Sémola de Trigo.

(70:30 & 50:50): porcentajes de sustitución HB o HP: ST

En el cuadro 8 también se muestran los porcentajes de grasas obtenidos por cada uno de los tratamientos. Se puede observar que hay diferencia significativa entre tratamientos, siendo en este caso mejor la harina de plátano debido al menor porcentaje de grasa obtenido. En un estudio realizado por Krishnan y Prabhasankar (2010), ellos obtuvieron resultados por debajo de 0.79%, con una diferencia mínima, podría deberse a la diferencia de porcentaje de sustitución utilizadas en ambos estudios. En otro estudio de Castelo Branco *et al.* (2017), obtuvieron resultados muy diferentes a los de este estudio en cuanto a la grasa, con un 8.65-9.25%, esto se debe a que utilizaron cascara de plátano en la formulación de su pasta, que tiene 9.04% de grasa como harina.

El porcentaje de grasa de los tratamientos de berenjena no tuvo diferencia significativa entre sí, ni con el control. En el estudio realizado por Valerga *et al.* (2019), no se encontró diferencias significativas entre tratamientos y su porcentaje incrementan levemente a comparación a los de este estudio, esto se puede deber a la diferencia del porcentaje de sustitución utilizada y la matriz alimenticia evaluada por ellos. Sin embargo, ambos tratamientos cumplen con los requisitos establecido para el nivel de grasa en las pastas < 1.5%.

En el cuadro 8 también se presentan los porcentajes de fibra dietética, las cuales se reconocen como un elemento importante para la alimentación sana. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre, esto según Escudero y Gonzales (2006). El plátano es un alimento con 6 – 15.5% de fibra dietética, debido a esto, es posible la obtención de harinas integrales a partir de dicha materia prima (Encarnación y Salinas 2017).

En cuanto al plátano, estudios realizados por Pacheco y Testa (2005); Krishnan y Prabhasankar (2010), demuestran que los porcentajes de fibra dietética fueron menores a los de este estudio, estos utilizaron sustituciones similares de 7, 10, 20 y 30% en la elaboración de panes y pasta. Esto puede ser debido a que el plátano es en un 70-75% almidón y al utilizar menores porcentajes de sustitución se obtuvieron menores porcentajes de fibra dietética.

La berenjena obtuvo el mayor porcentaje de fibra dietética, con diferencia significativa entre tratamientos, el mayor porcentaje se encuentra en el tratamiento 70:30 (berenjena: sémola), esto concuerda con los estudios realizados por Uhtumporn *et al.* (2015), teniendo resultados 33.09 – 48.34% de fibras dietéticas. Se considera como “fuente de fibra dietética” a todo alimento que tengo arriba de 5 g/100g de alimento. Por lo tanto, los cuatro tratamientos de este son considerados como fuente de fibra dietética.

En el cuadro 9 se muestran los diferentes análisis de textura que se le realizaron a cada uno de los tratamientos, estos en comparación al control, que era un producto comercial. Se le hicieron estos cuatro (Dureza, adhesividad, cohesividad y elasticidad), ya que estos son los más importantes al momento de ingerir los alimentos. En la dureza se encontró diferencia significativa entre tratamientos, siendo solamente similares entre sus fuentes, plátano y berenjena. Los dos tratamientos de plátano son los que más se asemejan a un producto comercial, esto debido a que es en un 70% almidón, estos en agua hirviendo ayudan a la formación o estructura del alimento.

Cuadro 9. Análisis de textura (Dureza, adhesividad, cohesividad y elasticidad) en los tratamientos de pastas y el control.

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (N)</b>	<b>Adhesividad (mJ)</b>	<b>Cohesividad</b>	<b>Elasticidad</b>
Control (ST)	1.21±0.02 <sup>a</sup>	0.014 ± 0.001 <sup>bc</sup>	0.95 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>a</sup>
HB:ST 50:50	0.33±0.01 <sup>c</sup>	0.017 ± 0.003 <sup>ab</sup>	0.72 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.05 <sup>bc</sup>
HB:ST 70:30	0.27±0.02 <sup>c</sup>	0.014 ± 0.004 <sup>bc</sup>	0.59 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.80 ± 0.04 <sup>cd</sup>
HP:ST 50:50	0.93±0.08 <sup>b</sup>	0.020 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.06 <sup>bc</sup>	0.75 ± 0.05 <sup>d</sup>
HP:ST 70:30	0.91±0.10 <sup>b</sup>	0.011 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.05 <sup>ab</sup>
Valor P	<0.0001	0.0057	0.0010	0.0056
C. V (%)	6.078	12.42	8.36	5.14

Los valores son representados como media ± desviación estándar sobre tres repeticiones cada una.

<sup>abcd</sup>: letras diferentes representan diferencia significativa.

C. V: Coeficiente de variación

HB: Harina de Berenjena; P: Harina de Plátano; ST: Sémola de trigo; N: Newtons (70:30 & 50:50): porcentajes de sustitución HB o HP: ST

En estudios anteriores, se encontraron resultados que difieren a los de este estudio, Valerga *et al.* (2019) encontraron valores 0.96 N en dureza, 0.97 en elasticidad y 0.69 en cohesividad en la elaboración de pan a partir de harina de berenjena. Uthumporn *et al.* (2014) obtuvieron

resultados más altos en el parámetro de dureza, este en la elaboración de galletas a partir de sustitución con berenjena.

Encarnación y Salinas (2017) obtuvieron resultados de dureza y adhesividad a partir de la elaboración de panes con 10, 20, 30 y 40% de harina de plátano, los cuales difieren de este estudio.

En el cuadro 9 se pueden observar los resultados obtenidos para cada tratamiento en los análisis de textura. Se realizaron estos cuatro análisis, ya que estos son los que se perciben más al consumir este alimento. Se compararon los tratamientos con un producto comercial (control), debido a que se buscó elaborar los tratamientos lo más cercano a una pasta ya comercial y aceptada en el mercado. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en todos los parámetros de textura ( $P < 0.05$ ). Se observó que la pasta de plátano (70:30) fue la que obtuvo los resultados que más se asimilan a los del control, esto podría ser debido a la alta cantidad de almidón que el plátano posee, ya que incluso el tratamiento de plátano (50:50) obtiene características mejores en dureza y adhesividad, pero sus valores de cohesividad y elasticidad disminuyen incluso más que los dos tratamientos de berenjena. En un estudio realizado por Valerga *et al.* (2019), se encontraron valores que difieren a los de este estudio en los parámetros de Dureza, elasticidad y cohesividad. Esto se debe a la diferente matriz alimenticia utilizada por Valerga, también esto se puede deber a la gran cantidad de fibra dietética que posee la berenjena, estos pudieron afectar debido a que son polisacáridos no almidónicos. En otro estudio realizado por Vasquez *et al.* (2010), realizaron un estudio en donde utilizaron porcentajes de fibra dietética de un 15 y 30%, estos redujeron la fuerza de corte en las salchichas tipo Viena.

#### **4. CONCLUSIONES**

- La harina de plátano obtuvo un 3.76% y la harina de berenjena un 4.24 % de humedad. En el tamaño de partículas, la harina de plátano obtuvo un 77.78% en las partículas más finas, para la harina de berenjena con un 53.33% en las partículas más grandes.
- Se realizaron pastas con la adición de una combinación de gomas (Guar y Xanthan) en 2% en todas las sustituciones (70:30 y 50:50) para las harinas de plátano o berenjena.
- Los porcentajes de proteína y grasa disminuyeron al añadir harina de plátano a formulación de las pastas y se aumentaron los niveles de fibra dietética en todos los tratamientos. En textura, el tratamiento que más se acerca a una pasta comercial fue el plátano (70:30).

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar a las pastas análisis proximal completo, análisis microbiológicos y sensoriales
- Realizar análisis de aumento de peso, aumento de volumen y cocción óptima de la pasta.
- Realizar un estudio en comparación a una harina y/o pasta integral.
- Realizar sustituciones al 90 y 100% en el desarrollo de pastas de plátano y sustituciones menores al 40% en el desarrollo de pasta de berenjena.
- Utilizar otros ingredientes (aceites, huevos, etc.) para la mejora de textura en la pasta de berenjena y para incrementar el bajo porcentaje de proteína en las pastas de plátano.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acurio L, Casa F, Igual M, Martínez-Navarrete N, Camacho M. 2014. Efecto de la deshidratación en la propiedades ópticas y mecánicas de diferentes variedades de berenjena. Congreso iberoamericano de ingeniería de alimentos. Valencia. [Consultado el 16 de julio del 2019]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38245/CIBIA%209\\_CONGRESO%20IBEROAMERICANO%20DE%20INGENIER%20CDA%20DE%20ALIMENTOS\\_LIBRO%20DE%20ACTAS\\_1.pdf?sequence=1#page=19](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38245/CIBIA%209_CONGRESO%20IBEROAMERICANO%20DE%20INGENIER%20CDA%20DE%20ALIMENTOS_LIBRO%20DE%20ACTAS_1.pdf?sequence=1#page=19)
- Aguilar I. 2017. Optimización del proceso de secado en pastas alimenticias [Tesis]. Universidad de Cuenca, facultad de ciencias químicas. Ecuador. (3) 76. [Consultado el 28 de ago. del 2019]. [phttp://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28690/1/Trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28690/1/Trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf)
- ASTM E83, Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, <https://www.astm.org/Standards/E83.htm>
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemist. 2011. Official methods of análisis; Métodos AOAC 950.46, AOAC 923.03, AOAC 965.22, AOAC 978.18, AOAC 2001.11, AOAC 985.29. Ed. Washignton D.C, Estados Unidos.
- Castelo-Branco V, Guimarães J, Souza L, Guedes M, Silva M, Ferrão L, Zago L. 2017. The use of green banana (*Musa balbisiana*) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. Brazilian Journal of Food Technology. 20(0): doi:10.1590/1981-6723.11916
- Encarnación S & Salinas J. 2017. Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, departamento de agroindustria alimentaria. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6056/1/AGI-2017-022.pdf>
- Escudero E & González P. 2006. Nutrición hospitalaria: La fibra dietética [Artículo]. Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital La Fuenfría, Madrid. Nutr. Hosp. (2006) 21 (Supl. 2) 61-72. <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Producción de plátano verde en Honduras. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/>

- FEN, Fundación Española de Nutrición. 2013. Berenjena. <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/berenjena.pdf>
- FIDE, Fundación para la inversión y Desarrollo de Exportaciones. 2017. Ficha técnica N°5 Berenjena. Unión Europea. <http://fidehonduras.com/wp-content/uploads/2018/03/FICHA-No.-5-Berenjena-FIDE-2017.pdf>
- FSAI, Food Safety Authority of Ireland. 2017. Validation of product shelf-life. Irlanda [Consultado el 6 de sept. Del 2019]. [https://www.fsai.ie/publications\\_gn18\\_shelf-life/](https://www.fsai.ie/publications_gn18_shelf-life/)
- Garcia E, Hernandez E, De Paula C y Aramendiz H. 2003. Caracterización bromatológica de la berenjena (*Solanum melongena L.*) en el departamento de Córdoba. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/613/729>.
- IPO, International Pasta Organization). S.f. Historia de la Pasta. Roma, Italia. [consultado el 28 de septiembre del 2019]. <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?id=41>
- IPO, International Pasta Organization). 2013. The world pasta industry status report 2012. <http://www.internationalpasta.org/resources/World%20Pasta%20Industry%20Survey/IPOstatreport2013.pdf>
- Krishnan M & Prabhasankar P. 2010. Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours. *Journal of Texture Studies*, 41(6), 825–841. doi:10.1111/j.1745-4603.2010.00257.x
- Kumar P, Saravanan A, Sheeba N, & Uma S. (2019). Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa spp.*). *LWT*, 108524. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108524
- Mazzeo M, León L, Mejía L, Guerrero L y Botero J. 2010. Aprovechamiento industrial de residuos de cosechas y postcosecha del plátano en el departamento de caldas. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOSFI). ISSN 1900-8260
- Pacheco E, Testa G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y Plátano verde. *Interciencia*. 30(5):300–304. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910410.pdf>. ISSN: 0378 – 1844.
- RTCA, Reglamento Técnico Centroamericano. 2010. Anexo de la resolución No. 283-2012 (COMIECO-LXII). Alimentos y bebidas procesadas [Internet]. Especificaciones. (RTCA 67.04.54:10) (26). 11 de Mayo del 2010; [actualizado mayo 11, 2010]. Consultado: agosto 02, 2019. <https://mspaspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>
- Rodriguez-Jimenez J, Amaya-Guerra C, Baez-Gonzalez J, Aguilera-Gonzalez C, Urias-Orona V, & Nino-Medina G. 2018. Physicochemical, Functional, and Nutraceutical Properties of Eggplant Flours Obtained by Different Drying Methods. *Molecules*. 23(12): 3210. doi:10.3390/molecules23123210
- Scorsatto M, Pimentel A, Silva A, Sabally K, Rosa G, Oliveira G. Assessment of Bioactive Compounds, Physicochemical Composition, and In Vitro Antioxidant Activity of

- Eggplant Flour. *Int. J. Cardiovasc. Sci.* [Internet]. 2017 June [cited 2019 Aug 08]; 30 (3): 235-242. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2359-56472017000300235&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2359-56472017000300235&lng=en). <http://dx.doi.org/10.5935/2359-4802.20170046>.
- Torres R, Montes E, Pérez O, Andrade R. 2013. Relación del color y el estado de madurez de las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos.* 24(3):51-56. Doi: 10.4067/S0718-07642013000300
- Uthumporn U, Fazilah A, Tajul A.Y, Maizura A and Ruri S. 2016. Physico-chemical and Antioxidant Properties of Eggplant Flour as a Functional Ingredient. *School of Industrial Technologi, Universiti Sains Malaysia. Advance Journal of Food Science and Technology* 12(5): 235-243, 2016. DOI:10.19026/ajfst.12.2905
- Uthumporn U, Woo W, Tajual A and Fazilah. 2015. Physico-chemical and nutritional evaluation of cookies with different levels of eggplant flour substitution. *School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia. Malaysia.* <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.942700>.
- Valerga L, Quintero-Ruiz N. A, Concellón A, & Puppo M.C (2019). Technological and nutritional characterization of wheat breads added with eggplant flour: dependence on the level of flour and the size of fruit. *Journal of Food Science and Technology.* doi:10.1007/s13197-019-04046-4
- Vásquez C, Soto S, Villalobos L. 2010. Efecto de la fibra dietética sobre la textura de salchichas tipo Viena. *Nacameh.* [Consultado el 18 de septiembre de 2019]; Vol. 4(2): 37-43. esp. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>. ISSN: 2007-0373