

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS TECNOLOGÍA
E INGENIERIA DE ALIMENTOS



HARINA DE PLATANO SAZÓN DE DOS VARIEDADES COMO INGREDIENTE
FUNCIONAL PARA LA SUSTITUCIÓN PARCIAL EN LA ELABORACION DE
FIDEOS.

Tesis:

Para Optar el Título de:

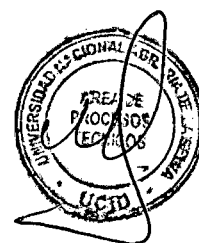
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

HURTADO VELA, PIERINA LARISSA

PROMOCIÓN 2010 - II

Tingo María – Perú

2012



Q02

H96

Hurtado Vela, Pierina Larissa

Harina de plátano sazón de dos variedades como ingrediente funcional para la sustitución parcial en la elaboración de fideos. Tingo María 2012

86 páginas; 09 cuadros; 13 fgrs.; 66 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

1. PLÁTANO SAZÓN

2. COCCIÓN

3. FIDEOS

4. HARINA

5. PROTEÍNAS

6. POLIFENOLES



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

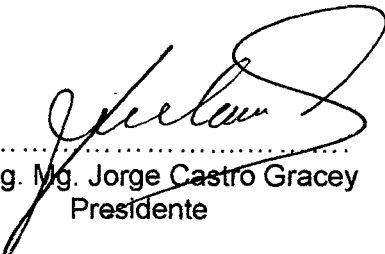
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 30 de noviembre de 2012, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. **HURTADO VELA, Pierina Larissa**, titulada:

“HARINA DE PLATANO SAZON DE DOS VARIEDADES COMO INGREDIENTE FUNCIONAL PARA LA SUSTITUCION PARCIAL EN LA ELABORACION DE FIDEOS”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 12 de diciembre de 2012 .


.....
Ing. Mg. Jorge Castro Gracey
Presidente


.....
Ing. Lauriano Zavaleta de La Cruz
Miembro


.....
Ing. Alipio Ortega Rodriguez
Miembro

DEDICATORIA

A Dios Todo poderoso, por darme la vida, por ser mi sostén y guía en cada momento de mi existencia.

A mis padres **Alfonso e Hirma** y mi abuela **Lucia** con todo mi amor, por su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio y por sus sabios consejos para la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos **Franco y Darío** por su cariño y que nuestra unidad nunca se rompa.

AGRADECIMIENTOS

- A la Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez por su apoyo incondicional en la culminación de mi tesis.
- Al Ing. Jorge Castro Gracey por sus orientaciones para la culminación de la tesis.
- A la Ing. Aurelia León Arévalo por su apoyo durante el desarrollo de la investigación.
- A los Ing. María de Guadalupe Díaz y Evil Vargas Piñan por su ayuda durante el desarrollo de la investigación.
- A mis amigos Mariela Velásquez, Cristian Ríos, Carlos Casique, Litman Arista y a todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la culminación del presente trabajo.

RESUMEN

La presente investigación nos permitió conocer la calidad de cocción de los fideos elaborados con harina de plátano. Se caracterizaron las harinas de plátano sazón de dos variedades, se determinó la sustitución adecuada para la elaboración de fideos con harina de plátano y se cuantificó polifenoles totales del fideo con sustitución parcial. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño completo al azar (DCA), se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$) y para analizar los tratamientos de manera conjunta se realizó un análisis multivariado de componentes principales utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2011. La caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano fue diferente en cuanto a humedad, proteína y carbohidratos. Según los parámetros físicos y sensoriales de los fideos los mayores valores que presentaron fueron: tiempo óptimo de cocción con 100%HT fue 29 min, pérdidas por cocción con 45%HPG fue 10,14%, absorción de agua con 15%HPG fue 264,69%, espesor con 100%HT fue 0,24 cm, color en fideos crudos coordenada L* con 45%HPG fue 76,71, coordenada a* con 100%HT fue 1,96 y coordenada b* con 100%HT fue 22,49; color de fideos cocidos coordenada L* con 100%HT fue 63,1, coordenada a* con 45%HPB fue -0,41 y coordenada b* con 45%HPB fue 14,59; masticabilidad con 100%HT obtuvo calificativo "blando" con valor de 3,15 y sabor con 100%HT obtuvo calificativo "agradable" con valor de 3,68. La cuantificación de polifenoles totales se realizó en fideos elaborados con 15% de harina de plátano Guayabo

y Bellaco obteniendo valores de 16,161 y 16,276 mg EAG/100g. respectivamente.

Palabras claves: Plátano sazón, cocción, fideos, harina, proteínas, polifenoles.

ÍNDICE

	Página
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades del plátano.	3
2.1.1. Origen.....	3
2.1.2. Definición.....	3
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.4. Variedades.....	5
2.1.5. Composición química.....	5
2.2. Generalidades de las harinas.....	6
2.2.1. Harina de trigo.....	6
2.2.2. Harina de plátano.....	12
2.2.3. Harinas compuestas.....	14
2.3. Generalidades de las Pastas.....	16
2.3.1. Definición.....	16
2.3.2. Proceso de elaboración.....	17
2.3.4. Valor nutricional de las pastas.....	20
2.3.5. Enriquecimiento de las pastas.....	21
2.4. Alimentos funcionales.....	22
2.5. Compuestos fenólicos.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Lugar de ejecución.....	26
3.2. Materia prima.....	26

3.3.	Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.....	27
3.3.1.	Materiales de laboratorio y/o proceso.....	27
3.3.2.	Equipos de laboratorio y/o proceso.	27
3.3.3.	Reactivos y soluciones.	28
3.4.	Métodos de análisis.....	29
3.4.1.	Caracterización de las harinas de plátano verde de dos variedades.	29
3.4.2.	Evaluación de los parámetros físicos de fideos.	30
3.4.3.	Evaluación sensorial de fideos.	30
3.4.4.	Evaluación de polifenoles totales.....	31
3.5.	Metodología experimental.....	31
3.5.1.	Preparación de las muestras.	31
3.5.2.	Caracterización de las harinas de plátano verde de dos variedades.	31
3.5.3.	Determinación del porcentaje óptimo de sustitución en fideos con harina de plátano verde de dos variedades.	33
3.5.4.	Caracterización de la propiedad funcional del fideo.	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1.	Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano verde con dos variedades.....	41
4.1.1.	Humedad.	41
4.1.2.	Proteínas.	42
4.1.3.	Grasas.	42
4.1.4.	Cenizas.....	44

4.1.5. Carbohidratos.....	44
4.1.6. Absorción de agua.....	44
4.1.7. Absorción de aceite.....	45
4.1.8. Color.....	46
4.2. Determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos con harina de plátano verde con dos variedades.....	47
4.2.1. Evaluación de los parámetros físicos.....	47
4.2.2. Evaluación sensorial.....	62
4.3. Evaluación de polifenoles totales.....	69
4.3.1. Curva patrón de ácido gálico.....	69
4.3.2. Cuantificación de polifenoles totales.....	71
V. CONCLUSIONES.....	73
VI. RECOMENDACIONES.....	74
VII. ABSTRACT.....	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
IX. ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición de la pulpa de plátano (100 g).....	6
2. Composición químico proximal de la harina de trigo.....	10
3. Composición centesimal de la harina de plátano, expresada en materia seca (g/100 g b.s.).....	13
4. Tipos de harinas compuestas.....	15
5. Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano sazón de dos variedades.....	43
6. Evaluación del tiempo óptimo de cocción (TOC), pérdidas por cocción (PPC), absorción de agua (AA) y espesor en fideos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano.....	49
7. Efecto de la sustitución de harina de plátano en el Color de los fideos crudos y cocidos.....	61
8. Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.....	63
9. Concentraciones de ácido gálico para la curva estándar.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujograma de elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.....	34
2. Diseño experimental para la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.....	38
3. Tiempo óptimo de cocción de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.	48
4. Pérdidas por cocción de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.	51
5. Absorción de agua de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.	53
6. Espesor de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.....	55
7. Color de los fideos crudos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.....	58
8. Color de los fideos cocidos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.....	60
9. Evaluación sensorial de los fideos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.....	65
10. Biplot de componentes principales en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano.	66
11. Análisis de conglomerados en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano.	67

12. Curva patrón de Ácido gálico.....	70
13. Contenido de polifenoles en los tratamientos.	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
A-I. Formulación usada en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.....	88
A-II. Modelo de cartilla para determinar el porcentaje óptimo para la sustitución de fideos con harina de plátano sazón de dos variedades.	88
A-III. Distribución de las muestras para la evaluación sensorial por los panelistas con 7 tratamientos.....	89
A-IV. Análisis de varianza del parámetro físico tiempo óptimo de cocción en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.	90
A-V. Análisis de varianza del parámetro físico pérdidas por cocción en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.	90
A-VI. Análisis de varianza del parámetro físico absorción de agua en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.	90
A-VII. Análisis de varianza del parámetro físico espesor en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.	91
A-VIII. Análisis de varianza del parámetro físico Color L* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	91
A-IX. Análisis de varianza del parámetro físico Color a* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	91
A-X. Análisis de varianza del parámetro físico Color b* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	92
A-XI. Análisis de varianza del parámetro físico Color L* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	92

A-XII. Análisis de varianza del parámetro físico Color a* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	92
A-XIII. Análisis de varianza del parámetro físico Color b* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.....	93
A-XIV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo masticabilidad de los fideos con sustitución parcial con harina de plátano sazón de dos variedades.	93
A-XV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor de los fideos con sustitución parcial con harina de plátano sazón de dos variedades.	94
A-XVI. Autovalores del análisis multivariado.	95
A-XVII. Autovectores del análisis multivariado.	96
A-XVIII. Correlaciones con las variables originales	97
A-XIX. Análisis de varianza de la caracterización de la propiedad funcional mediante la cuantificación de polifenoles.....	97

I. INTRODUCCIÓN

La pasta alimenticia, de acuerdo al Codex Stan 192-1995, es un producto que no está tratado (no ha sido calentado, hervido, cocido al vapor, cocido, pregelatinizado o congelado), solamente deshidratado, el cual es elaborado a base de harina de trigo y agua (FAO y WHO, 2007). Actualmente, tiene mucha aceptabilidad entre la población porque resulta ser un alimento de bajo costo, fácil de elaborar, versátil y presenta una larga vida de anaquel (TUDORICA *et al.*, 2002). En cuanto a su valor nutricional, la pasta alimenticia no constituye una fuente especialmente rica en minerales, tiene un bajo contenido de grasa y fibra alimentaria, (KILL Y TURNBULL, 2004).

Aunque la pasta tradicionalmente se elabora con harina o sémola de trigo durum, es posible usar ingredientes alternos a estos para producirla. En los en los actualidad, han modificado la formulación utilizando nuevos ingredientes para intentar mejorar sus propiedades nutricionales principalmente. Entre los diversos ingredientes utilizados en la sustitución de la harina se encuentran: concentrado de proteína de pescado, harina de soya, frijoles, lenteja, garbanzo, polisacáridos no amiláceos, almidón de yuca y plátano, entre otros.

El plátano representa uno de los principales frutos en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial; esta fruta se consume madura,

debido a su alto contenido de azúcares o inmadura en diversos alimentos. La región del Alto Huallaga es productora de una gran variedad de plátanos los cuales no son aprovechados debidamente como consecuencia de su deficiente manejo poscosecha y se pierden durante su comercialización. Los plátanos inmaduros representan una fuente alterna para la elaboración de diversos productos teniendo como una de sus principales características que es un potente antioxidante secundario.

Por ello el presente trabajo de investigación busca estudiar la harina de plátano sazón de dos variedades para ser utilizado como ingrediente funcional en la elaboración de fideos con sustitución parcial. Por tales motivos se planteó los siguientes objetivos:

- Caracterizar las harinas de plátano sazón de dos variedades.
- Determinar la sustitución adecuada para la elaboración de fideos con harina de plátano sazón con dos variedades.
- Cuantificar polifenoles totales del fideo con sustitución parcial de harina de plátano.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del plátano.

2.1.1. Origen.

El plátano, es un frutal cuyo origen se considera del Sureste Asiático, incluyendo el Norte de la India, Burma, Camboya y parte de la China sur, así como las Islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas y Taiwán.

Las más antiguas referencias relativas al cultivo del plátano proceden de la India, donde aparecen citas en la poesía épica del budismo primitivo de los años 500-600 antes de Cristo. Otra referencia encontrada en los escritos del budismo Jataka, hacia el año 350 antes de Cristo, sugiere la existencia, hace 2,000 años, de una fruta tan grande como “colmillo de elefante”.

El plátano fue llevado a las Islas Canarias por los Portugueses después de 1,402 y de ahí paso al Nuevo Mundo, iniciándose en 1,516 una serie de introducciones de este cultivo (VÁSQUEZ y SALAZAR, 2005).

2.1.2. Definición.

El término “Plátano” se utiliza para denominar tanto a los bananos como a los plátanos; esta separación de nomenclatura se basa en la forma de

consumirse, los bananos son los que se consumen como fruta cruda o fresco y los plátanos los que se consumen cocinados por la razón de que tienen más harina.

Como alimento es considerado uno de los cultivos más importantes en el mundo, ocupando este frutal el 4º lugar en importancia, después del arroz, trigo y la leche. Los bananos son consumidos extensivamente en los trópicos, donde se cultivan y en las zonas templadas es apreciado por su sabor, gran valor nutritivo y por la disponibilidad durante todo el año. Tan solo en el Centro y Oeste de África constituye la fuente principal de alimentación de 270 millones de personas (VÁSQUEZ y SALAZAR, 2005).

2.1.3. Clasificación taxonómica.

Según VÁSQUEZ y SALAZAR (2005), los plátanos son plantas comprendidas dentro de las *Monocotiledóneas*, pertenecen a la familia botánica *Musáceae* y ésta al orden *Scitamineae*. La familia Musáceas está constituida por los géneros *Musa* y *Ensete*, el género *Ensete* se reproduce por semilla y es de uso ornamental y el género *Musa* está formado por cuatro subsecciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochamys* y *Eumusa*.

La sección *Eumusa* es la de mayor importancia económica y difusión geográfica, ya que en ella se incluyen los plátanos comestibles. En esta sección las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son las más importantes.

2.1.4. Variedades.

INGA (2003) afirma que los plátanos comestibles se han originado de dos especies triploides y de las hibridaciones, entre ellas destacan: *Musa acuminata* AAA y *Musa balbisiana* BBB. Basándose en estas características los plátanos comestibles se agrupan de la siguiente manera:

- Grupo 1: De mesa, conocidos como bananos, triploides AAA, presentan las siguientes variedades: Seda, Cavendish y Lacatan.
- Grupo 2: De cocina, como plátanos triploides BBB, presentan las siguientes variedades: Inguiri, Bellaco y Guayabo.
- Grupo 3: De mesa y cocina, conocidos como plátanos triploides ABB, no son muy difundidos en el mundo y presenta la siguiente variedad: Isla.

2.1.5. Composición química.

La composición química del plátano, va a depender del estado en el cual se encuentre la fruta. En estado verde o inmaduro, el plátano presenta un 70-74% de humedad, 1% de proteína, 0,3-0,5% de lípidos, 20-30% de carbohidratos totales, 0,5% de fibra total y 1% de cenizas. Este fruto alcanza aproximadamente un contenido energético de 4 Kcal/g (TOBIN y MULLER, 1998).

El polisacárido predominante en este fruto es el almidón, siendo este reemplazado por azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa cuando va madurando (CHÁVEZ *et al.*, 1992).

La composición química según VÁSQUEZ y SALAZAR (2005) se presenta a continuación en el cuadro 01.

Cuadro 01. Composición de la pulpa de plátano (100 g).

Componentes	Cantidad
Calorías	80 – 100
Proteínas	1,1 gramos
Grasas	0,2 gramos
Carbohidratos	22 gramos
Fibras naturales	0,5 gramos
Agua	75%

Fuente: VÁSQUEZ y SALAZAR (2005).

Según HERNÁNDEZ (2006), la harina de plátano verde está compuesta de 61 – 76,6% de almidón, 6 – 15,5% de fibra total, 2,6 – 3,5% de ceniza, 2,5 – 3,3% de proteína y 0,3 – 0,8% de lípidos. También posee 86% de almidón del cual 40,7% es de amilasa y además 8,6% de fibra dietética (PATZI, 2007).

2.2. Generalidades de las harinas.

2.2.1. Harina de trigo.

El trigo es una planta gramínea, herbácea, anual, del género *triticum* que corresponde a un número considerable de especies silvestres y cultivadas. Es el cereal más importante, constituye la fuente principal de la harina panificable en todo el mundo, debido a la presencia en ella de sustancias proteicas y amiláceas. Se cultivan muchos tipos de trigo, pero en la alimentación se utilizan dos tipos: *Triticum vulgare* y *Triticum durum*, el primero

se usa para obtener pan y en pastelería; y el segundo para la fabricación de fideos y similares (BERNAL, 1994).

PATZI (2007) indica que se denomina harina de trigo al producto preparado de granos de trigo mediante procedimientos de trituración o molienda en los que se elimina gran parte del salvado y germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína-gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente; esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada (KIRA *et al.*, 1996).

2.2.1.1. Proceso de elaboración.

SALINAS (1993) menciona que la molienda del trigo tiene como finalidad básica la obtención de harina a partir de los granos de trigo, para la fabricación de pan, pastas alimenticias o galletas. Los pasos que se siguen para obtener la harina son:

- Limpieza preliminar de los granos, mediante corrientes de aire que separan el polvo, la paja y los granos vacíos.
- Escogido de los granos, mediante cilindros cribados que separan los granos por su tamaño y forma.
- Despuntado y descascarillado, en esta fase se eliminan el embrión y las cubiertas del grano.

- Cepillado de la superficie de los granos, para que queden totalmente limpios.
- Molturación, finalmente se pasa a la molienda por medio de unos rodillos metálicos de superficie áspera o lisa, que van triturando el grano y obteniendo la harina.
- Refinado, una vez obtenida la harina pasa a través de una serie de tamices que van separando las diferentes calidades de harina y este constituirá la harina de primera extracción.
- El resto retenido por el tamiz pasa a una segunda trituración esta vez ligeramente más intensa y nuevamente se separa y tamiza esta harina se llamará de segunda extracción.
- Quedaran otros restos para ser sometidos a una nueva trituración cada vez con mayor de presión por la menor distancia entre los rodillos. La operación se repite hasta conseguir una harina blanca que posee un índice de aprovechamiento medio del 72% respecto de la cantidad inicial del grano. Cuando el porcentaje global extraído supera esta cifra, se obtienen las denominadas harinas integrales y oscuras, que contienen cáscara del grano además de su meollo.

2.2.1.2. Composición química.

Según PATZI (2007) la composición químico proximal de la harina de trigo es la que se presenta en el Cuadro 02.

Carbohidratos: Almidón.

Es el componente principal de la harina, es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena:

- Amilosa: polímero de cadena lineal.
- Amilopectina: polímero de cadena ramificada.

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10% del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa.

Proteínas: Gluten.

La cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción. El gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por:

- Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja". La harina es fuerte rica en gluten, tiene la capacidad de retener agua, dando masas consistentes y elásticas. La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir.

Cuadro 02. Composición químico proximal de la harina de trigo.

Composición	Porcentaje (%)
Agua	11 – 14
Proteínas	9– 11
Carbohidratos	74 – 76
Lípidos	1 – 2
Minerales	1 – 2

Fuente: PATZI (2007).

Lípidos:

Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen, el contenido de grasa depende por tanto del grado de extracción de la harina, mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciara.

Agua.

La humedad de una harina, según la legislación española, no puede sobrepasar el 15%, es decir que 100 kilos de harina pueden contener, como máximo, 15 litros de agua. Naturalmente la harina puede estar más seca.

Minerales: Cenizas.

Se han clasificado las harinas según la materia mineral que contienen, determinando el contenido máximo de cenizas para cada tipo, las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., procedentes de la parte externa del grano, que se incorporan a la harina según su tasa de extracción.

2.2.1.3. Clasificación de las harinas de trigo.

Según PATZI (2007), las harinas de trigo se clasifican en:

- Harina Integral o de Graham: es una harina oscura que se obtiene de la molienda del grano de trigo con todas sus envolturas celulósicas, obtenida por la molienda integral de máximo 95% del peso total del cereal limpio. Según el grado de molienda se admiten 3 tipos: grueso, mediano y fino y esta harina puede utilizarse sola.
- Harina de primera, es la harina más blanca y más libre de salvado.
- Harina de segunda, es de calidad inferior, su color debe ser más o menos amarillento, pudiendo presentar puntuaciones amarillentas muy pequeñas provenientes de la pulverización de la cáscara.
- Harina de tercera, es la que resta de las harinas obtenidas de la molienda de trigo después de la separación de las harinas de primera y de segunda, su color puede ser amarillenta más o menos oscuro pero no azulado o gris y las puntuaciones que se observen deberán proceder de los fragmentos envoltorios.
- Harina mixta constituida por la mezcla de la harina de trigo con otras harinas.
- Harina de gluten: se extrae industrialmente del grano de trigo, está compuesta por gluten seco y se emplea como mejorador para enriquecer una harina pobre en gluten.
- Harina enriquecida, aquella que ha sido añadida de vitaminas, sales minerales y otras sustancias de valor biológico específico.

2.2.2. Harina de plátano.

OVANDO (2008) menciona que la harina de plátano verde es un polvo fino, blanco, similar al aspecto del almidón aislado de este mismo fruto; sin embargo, ésta se oscurece con el paso del tiempo, quizás se deba probablemente a los compuestos fenólicos aún presentes en la harina.

Se entiende el producto obtenido de la desecación y pulverización de los frutos pelados de diversas especies de plátano (en especial de *Musa paradisiaca*). Su color deber ser ligeramente grisáceo, y sabor ácido y astringente y no debe aglutinarse (PATZI, 2007).

2.2.2.1. Proceso de elaboración.

Según HERNÁNDEZ (2006), el procedimiento de la elaboración de harina de plátano comprende:

- Efectuar un lavado con agua a presión de las piñas y/o manojos de plátano, por medio de lanzas de agua presión o similares, separando los plátanos posteriormente.
- Introducir los plátanos, pelados o sin pelar, en una máquina de cuchillas, cuyo eje gira a 500 rpm, para trocear los mismos.
- Introducir los trozos de plátanos obtenidos en un molino de martillos, cuyo eje gira a 500 rpm, para su molturación.
- Verter el producto obtenido en una cinta transportadora que lo conduce al interior de un horno de secado de aire caliente, donde permanece durante 45 minutos entre 50° C y 70° C.
- Introducir el producto desecado en un molino de martillos cuyo eje gira a 1000 rpm hasta obtener el producto en polvo.

- Envasar el producto en polvo en recipientes adecuados.

Como variante de realización para obtener un producto de mayor calidad, después del lavado a presión de la separación de los plátanos, se introducen éstos en un baño de agua hirviendo durante unos 4 minutos, sacándolos a continuación y dejando secar y/o escurrir a temperatura ambiente, separando a continuación la pulpa de la cáscara mediante la realización de una incisión longitudinal y dos incisiones extremas, aprovechando únicamente la pulpa del plátano para el resto del proceso.

2.2.2.2. Composición química.

Según PELISSARI *et al.* (2010), la composición química de la harina de plátano es la que se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 03. Composición centesimal de la harina de plátano, expresada en materia seca (g/100 g b.s.).

Composición centesimal	Harina de plátano
Humedad ^a	8,00 ± 0,02
Cenizas	1,92 ± 0,10
Proteínas	3,16 ± 0,10
Lípidos	0,56 ± 0,03
Almidón	83,15 ± 0,20

^aExpresada en base húmeda. Fuente: PELISSARI *et al.* (2010).

La composición química del plátano se caracteriza por la presencia de almidones y escasez de ácidos, esto lo hace un producto extremadamente

sensible al oxígeno al igual que al calor. El almidón es un factor importante para la salud humana, la fracción denominada almidón resistente no degradada por las enzimas digestivas del hombre, investigaciones muestran que este almidón disminuye la curva postprandial y el índice glicémico (PATZI, 2007).

2.2.3. Harinas compuestas.

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a las mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas, y galletas (ELÍAS, 1996).

DENDY y DOBRASZCZYK (2001) mencionan que las harinas compuestas se pueden considerar en primer lugar como mezclas de harina de trigo y de harinas procedentes de otros cereales para la elaboración de productos horneados, tanto fermentados como no fermentados y de pastas. En segundo lugar se pueden considerar como mezclas de harinas, no enteramente de trigo, o de otros productos para utilizarlos como sustitutos de las harinas en la elaboración de los distintos productos tanto tradicionales como de más reciente desarrollo.

Las harinas compuestas además de reducir o eliminar el uso de trigo o de otra materia prima, también cumplen otro objetivo importante; el cual consiste en cambiar las características nutritivas del producto como, el enriquecimiento con proteínas, vitaminas y minerales.

2.2.3.1. Tipos de harinas compuestas.

Como se puede observar en el cuadro 04, las harinas compuestas también pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo (ELÍAS, 1996).

Cuadro 04. Tipos de harinas compuestas.

Alimentos	Harina compuesta
Pan, pastas, galletas.	Harina de trigo + otras harinas (cereales, raíces y tubérculos).
	Harina de trigo + otras harinas + proteína suplementaria.
	Harina de trigo + proteína suplementaria.
	Raíces o tubérculos + proteína suplementaria.
Alimentos populares a base de otros cereales.	Harina de maíz, arroz, avena + proteína suplementaria.
	Harina de leguminosas y otras.
Sustitutos de leche, extensores de alimentos de origen animal.	Combinación de harinas de cereales, leguminosas, oleoginosas y otras.

Fuente: ELÍAS (1996).

Según estas bases se distinguen dos tipos de harinas compuestas:

- Harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta en 40%; y puede contener otros componentes. La adición de una proteína suplementaria es opcional y las condiciones generales de procesamiento y el producto final obtenido son comparables a productos preparados a base sólo de trigo.
- Harinas compuestas que no contienen trigo, y están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en la proporción de 4 a 1, estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquellas preparadas a base de sólo trigo.

2.3. Generalidades de las Pastas.

2.3.1. Definición.

La pasta alimenticia de acuerdo al CODEX ALIMENTARIUS (1995), es un producto que no está tratado (no está calentado, hervido, cocido al vapor, cocido, pre gelatinizado o congelado), solamente deshidratado.

HOSENEY (1991) indica que la pasta, o pastas alimenticias, son términos que describen un gran número de productos, elaborados principalmente por sémola de trigo duro y agua. Entre los ingredientes adicionales se encuentran: huevo, colorantes naturales como las espinacas o el tomate y vitaminas. Según DENDY y DOBRASZCZYK (2001), los tipos más corrientes de pastas son los macarrones, spaghetti, fideos y tallarines.

2.3.2. Proceso de elaboración.

Mezclado.

La primera etapa para formar la pasta incluye la hidratación de la sémola de trigo. La cantidad de agua que debe añadirse es variable, si bien la masa final debería contener del 28% al 30% de humedad (p/p) (DENDY y DOBRASZCZYK, 2001).

La mezcla tiene como objetivo permitir que el gluten de la sémola pase de ser un material vítreo a un material gomoso y elástico, que adquiera la capacidad de formar cadenas y láminas mediante establecimiento de puentes intermoleculares. Esta matriz proteica atrapa y encapsula al almidón manteniendo la forma del producto durante su elaboración y cocción (KILL y TURNBULL, 2004).

Amasado.

KILL y TURNBULL (2004) mencionan que esta operación se refiere a la homogenización a presión del material mezclado, reforzándose aún más la red proteica que se había creado previamente durante la mezcla. El amasado debe continuar hasta que la masa adquiera cierta firmeza de manera que cuando se apriete con la mano la masa se mantenga unida.

Extrusión.

DENDY y DOBRASZCZYK (2001) indican que la extrusión tiene como propósito dar a la pasta la forma deseada, la masa puede enrollarse en forma de láminas (y cortado en hebras) o extruirse a través de un extrusor de

tornillo único. La masa se comprime, a la vez que sale a través de los orificios de una matriz ya extruida, finalmente se corta con una cuchilla que se encuentra en la parte externa de la matriz. La elevada fuerza de cizalla hace que los gránulos de almidón de la masa se orienten en la dirección del flujo de la masa y hace que aparezca el gluten formando una matriz proteica de carácter discontinuo que rodea de forma desigual al almidón. La temperatura del extrusor y de la matriz deben mantenerse a unos 45°C, ya que si no pueden aparecer posteriores defectos en la pasta.

Desecado.

La mayor parte de la pasta comercial se deseca desde alrededor del 30% de humedad hasta el 10 – 12% (p/p), la desecación debe realizarse lentamente y con gran cuidado ya que la pasta se contrae a medida que se deseca. Las desecaciones desiguales hacen que se desencadenen presiones dentro de la pasta lo que origina que se produzcan agrietamientos en la pasta desecada. El control de la temperatura durante el secado también es útil para modificar las propiedades clave de la pasta: la textura tras la hidratación y el cocinado, y el color (DENDY y DOBRASZCZYK, 2001).

2.3.3. Calidad de las pastas.

La calidad de los alimentos es determinada principalmente por dos factores, la materia prima y el procesamiento, del mismo modo la industria de la pasta no está exenta de esta regla por lo que es casi imposible describir la

calidad de la pasta sin tomar en cuenta la calidad de los ingredientes utilizados y el proceso de manufactura (DEBBOUZ y DOETKOTT, 1996).

Calidad de la pasta seca.

La calidad de la pasta seca es determinada por cuatro grupos de factores: color, manchas, textura de superficie, firmeza y flexibilidad. El color generalmente depende de la calidad de la sémola de trigo, el cual debe ser de un color amarillo brillante, esto es en el caso de la elaboración de la pasta tradicional. Una limpieza ó molienda inapropiada del trigo utilizado para la producción de la pasta provoca la aparición de manchas en el espagueti. La textura de superficie de la pasta está relacionada principalmente con las condiciones de la boquilla del extrusor, mientras que la firmeza y flexibilidad de la pasta están relacionadas principalmente con las condiciones de extrusión y secado (FEILLET y DEXTER, 1996).

Calidad de la pasta cocida.

Según FEILLET y DEXTER (1996), la calidad de cocción de las pastas es determinada por el tiempo de cocción, absorción de agua, pérdidas por cocción, aroma, sabor y textura del producto cocido. El tiempo de cocción se divide en mínimo, optimo y máximo, que corresponde al momento en el cual el almidón es gelatinizado, el tiempo requerido para dar la textura deseada a la pasta y el momento en el cual la pasta comienza a desintegrarse; respectivamente. La absorción de agua se determina tomando el peso del espagueti antes de la cocción y después de ésta, generalmente 100 g de pasta

absorben de 160 a 180 g de agua durante la cocción. Las pérdidas por cocción están relacionadas con la desintegración de la pasta durante la cocción, la cual puede ser determinada pesando el residuo de agua de cocción después de la evaporación, entre más turbia sea el agua de cocción más almidón se habrá liberado.

Los parámetros de aroma y sabor son subjetivos, la evaluación y control de estos parámetros se puede realizar empleando algunos aparatos de evaluación de olor y sabor, pero el aroma de la pasta es muy difícil de cuantificar, por lo que es más factible confiar en un panel de catadores entrenados. La determinación de textura de la pasta cocida, se realiza mediante evaluación sensorial o por medición instrumental.

2.3.4. Valor nutricional de las pastas.

En cuanto a su valor nutricional, las pastas representan una buena fuente de ácido fólico, niacina, riboflavina y tiamina, no constituyen una fuente especialmente rica en minerales, tienen un contenido bajo en grasa y fibra alimentaria y son un alimento rico en hidratos de carbono digeribles y no digeribles (KILL y TURNBULL, 2004).

La pasta hoy en día es considerado un alimento funcional por su contenido relativamente alto en carbohidratos complejos y baja respuesta glucémica; además, es un alimento bajo en grasa, calorías, sodio y colesterol (GIESE, 1992).

Las pastas son un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su bajo contenido de fibra dietética y bajo valor biológico de su

proteína, que contiene solamente 6 de 8 aminoácidos esenciales. Cuando la pasta se consume enriquecida con huevo, en combinación con lácteos o carne, su valor nutricional se incrementa asegurando la presencia de todos los aminoácidos esenciales en la dieta (ANTONEGNELLI, 1980).

2.3.5. Enriquecimiento de las pastas.

La pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado debido a que presenta un bajo contenido de grasa, fibra dietética, y baja calidad de la proteína, la cual no aporta todos los aminoácidos esenciales para el ser humano (GRANITO *et al.*, 2003).

Además de ser un alimento nutritivo y con efectos benéficos a la salud, tienen la facilidad de ser adicionadas con diversos ingredientes como, tomates y espinacas para proporcionar color; ajo y hierbas de olor para dar sabor; harinas o proteínas aisladas de cereales y leguminosas para incrementar el valor nutricional de las pastas (RAYAS-DUARTE *et al.*, 1996).

Desde un punto de vista tecnológico, la sustitución de la sémola por otros ingredientes, representa una disminución en el contenido de gluten y por ende una pasta de calidad inferior. Sin embargo, la calidad de las pastas pueden incrementarse si se realizan modificaciones en el esquema tradicional de elaboración de la pasta tal es el caso del empleo de altas temperaturas en el secado, la calidad de cocción y las características organolépticas de las pastas son mejoradas (MANTHEY y SHORNO, 2002).

Actualmente, se han hecho varios estudios acerca de la elaboración de pastas con ingredientes distintos a la sémola de trigo: harina de

frijol, de amaranto, de lupino, de zanahoria y de maíz, así como almidón de yuca, de plátano (*Musa paradisiaca* L.), etc. (HERNÁNDEZ, 2006).

Estos ingredientes que se han agregado a la pasta son para mejorar su valor nutricional y para que ésta proporcione beneficios potenciales a la salud de los consumidores, obteniendo de esta forma, un alimento funcional (MANTHEY *et al.*, 2004).

2.4. Alimentos funcionales.

El concepto de alimento funcional, fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's refiriéndose a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que además de cumplir su función nutricional tienen un efecto benéfico en las funciones fisiológicas del organismo humano (ARAI, 1996).

En Europa se define a los alimentos funcionales como "Alimentos que satisfactoriamente han demostrado afectar benéficamente una o más funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados en una forma que resulta relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgo de una enfermedad"(HERNÁNDEZ, 2006).

Debido a que los alimentos funcionales representan un concepto más que un conjunto bien definido de productos alimenticios, en 1999 en el Documento de Consenso del Proyecto de la Unión Europea referido a la Acción Concertada sobre Ciencia de los Alimentos Funcionales en Europa (FUFOSE) se propuso la siguiente definición:

“Un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de tal modo que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedades, o ambas cosas. Los alimentos funcionales deben seguir siendo alimentos, y se deben demostrar sus efectos en las cantidades en que normalmente se consumen en la dieta. No se trata de comprimidos ni cápsulas, sino de alimentos que forman parte de un régimen normal”.

Según HERNÁNDEZ (2006), un alimento funcional puede ser:

- Un alimento natural en el que uno de sus componentes ha sido mejorado mediante condiciones especiales de cultivo.
- Un alimento al que se ha añadido un componente para que produzca beneficios por ejemplo, bacterias prebióticas seleccionadas, que tienen efectos benéficos sobre la salud intestinal.

2.5. Compuestos fenólicos.

El término «compuestos fenólicos» engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, nombre popular del hidroxibenceno, unido a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenoles no son polifenoles, sino monofenoles (McNEIL *et al.*, 1984).

Actualmente, los polifenoles son objeto de interés ya que estudios epidemiológicos sugieren asociaciones entre el consumo de alimentos o

bebidas ricos en polifenoles y la prevención de enfermedades. Una segunda razón está enlazada con la naturaleza química de los polifenoles (OVANDO, 2008).

Los fenoles se encuentran casi en todos los alimentos de origen vegetal. Son alimentos ricos en fenoles la cebolla, el té, el vino tinto, el cacao, el aceite de oliva virgen, etc. Estas sustancias influyen en la calidad, aceptabilidad y estabilidad de los alimentos, ya que actúan como colorantes, antioxidantes y proporcionan sabor, no toda ingesta de compuestos fenólicos es nutricionalmente favorable. Si bien muchos de ellos cumplen una función antioxidantes, entre sus propiedades químicas está la de quelar metales y por lo tanto pueden impedir su absorción si no se estructura adecuadamente la ingesta que conforma el bolo alimentario (SCHNITZLER *et al.*, 1992).

De acuerdo a su solubilidad, se ha propuesto una clasificación de los polifenoles: polifenoles solubles o extraíbles (PE), son compuestos fenólicos que presentan bajo o intermedio peso molecular; estos son extraídos fácilmente usando diferentes disolventes (agua, metanol, acetona, etc). Los polifenoles no extraíbles (PNE) son principalmente taninos condensados (TC) de alto peso molecular, algunos se encuentran en su forma libre y otros enlazados a proteínas y fibra.

Los polifenoles son agentes reductores, que junto con otros agentes como la vitamina C, vitamina E y carotenoides, protegen los tejidos del cuerpo contra el estrés oxidativo. Como antioxidantes, estos pueden prevenir varias enfermedades asociadas con el estrés oxidativo, como lo son cánceres, enfermedades cardiovasculares, inflamación y otros. Los efectos a la salud de

estos dependen de la cantidad consumida y de su biodisponibilidad (OVANDO, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo se ejecutó en los ambientes de los laboratorios de Tecnología cárnica, Nutrición animal, Ingeniería de los Alimentos, Química, Centro de Investigación de Productos Naturales de la Amazonía (CIPNA) y la Planta Piloto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, región Andrés Avelino Cáceres situada a 09° 17'08" de latitud sur, a 75° 59'52" de longitud oeste y a 660 m.s.n.m.; presenta una temperatura ambiente promedio de 25° y una humedad relativa promedio de 84%.

3.2. Materia prima.

La materia prima utilizada fue plátano sazón de dos variedades, las cuales fueron: Guayabo (*Musa balbisiana* BBB) y Bellaco (*Musa balbisiana* BBB). Las muestras fueron recolectadas del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria – Puerto Súngaro (CIPTALD – UNAS) ubicado en la carretera Belaunde Terry km. 26,5 Tingo María – Aucayacu.

3.3. Materiales y equipos de laboratorio y/o proceso.

3.3.1. Materiales de laboratorio y/o proceso.

3.3.1.1. Materiales de vidrio.

- Probetas de 50, 100, 250 ml. Fisher brand, Germany.
- Pipetas de 2, 5, 10 ml. Fisher brand, Germany.
- Tubos de ensayo de 15 ml. Venoget.
- Fiolas de 25, 50 y 100 ml, marca Pirex, México.
- Vasos de precipitación de 50, 200, 500 ml, marca Kimax. U.S.A.
- Lunas de reloj, marca Pirex. U.S.A.
- Matraz volumétrico de 250 ml, marca Kimax. U.S.A.
- Bureta de 50 ml. marca Fortuna. Germany.
- Placas Petri marca Kimax. U.S.A.
- Balones de digestión, marca Pirex. U.S.A.

3.3.1.2. Materiales de metal, plástico y otros.

- Microtubos de centrifuga (1,5 – 2,00 mL).
- Tips (200 y 1000 μ L).
- Cubetas de poliestireno Gene Mate® (1cmx 1cmx4.5cm).
- Jarras medidoras de 500 ml.
- Papel filtro N°21.Whatman.

3.3.2. Equipos de laboratorio y/o proceso.

- Balanza analítica Galaxy Ohaus electronic, modelo 6161, capacidad 500 g. U.S.A.
- Cocina a gas, American (Surge), balón de 15 lbs.

- Centrifuga de hasta 3000RPM, Budapesti Vegypari Gepgyar, Hungría.
- Centrifuga MIKR022R, Hettich Zentrifugen.
- Colorímetro "Konica – Minolta CR-400"
- Digestor electrónico de proteínas, Labconco, U.S.A.
- Desecador, Pirex, U.S.A.
- Equipo Mlicro Kjeldahl, Pirex. U.S.A.
- Equipo de Soxhlet, Pirex. U.S.A.
- Estufa Precision, serie 10 AS/5, Modelo 18 EM. U.S.A.
- Estufa TOMOS ODHG-9240A, Heatin Drying Oven, Samsung.
- Espectrofotómetro Genesys 6, Thermo Electron Corporation, U.S.A.
- Homogenizador modelo VORTEX GENIE 2, Scientific Industries.
- Laminadora-Cortadora, Noodle Machine MT-75.
- Micropipetas Eppendorf Research, Series 2100 fix adjustable multi (2-20 μ L, 20-200 μ L, 100-1000 μ L).
- Mufla Heracus, Type 170, hasta 1000 °C, U.S.A.
- Molino Willy con tamiz N° 1.
- Refrigerador Icebeam Door Cooling LG modelo GR-5392QLC.
- Shaker GLF 3005, CIMATEC S.A.C.QLC (Corea).

3.3.3. Reactivos y soluciones.

- Hidróxido de sodio Q.P. 0,1N; 1,25% Riedel de Haen, Germany.
- Ácido clorhídrico al 35 %, 0,4 M; 0,02N; 10 %. Panreac, Germany.
- Ácido sulfúrico Q.P. 1,25 %, 0,1N. EM Science, Germany.

- Ácido bórico 0,2 %, Riedel de Haen, Germany.
- Ácido gálico (3, 4, 5 – trihidroxi ácido benzoico), Sigma, Germany.
- Molibdato de amonio (0,02 %), Riedel de Hean Germany.
- Catalizador de proteína: óxido de mercurio y sulfato de potasio, Merk, Germany.
- Hexano absolute Q.P. EM Science, Germany.
- Etanol 96 °GL Induquímica S.R. Ltda. Perú.
- Metanol al 50 %. Sigma, Germany.
- Fenoltaleína al 1 % L & H ChemicalProducts, U.S.A.
- Folin – Ciocalteu, Sigma Aldrich, U.S.A.
- Etanol puro, Merck, Germany.
- Metanol puro, INDUQUÍMICA S.R. Ltda. Perú.
- Carbonato de sodio p.a. ISO. Scharlau.

3.4. Métodos de análisis.

3.4.1. Caracterización de las harinas de plátano sazón de dos variedades.

- Humedad se determinó por el método oficial 44-15 (AACC, 2000).
- Proteína se determinó por el método oficial 46-13 (AACC, 2000).
- Cenizas se determinó por el método oficial 08-01 (AACC, 2000).
- Grasa se determinó por el método oficial 30-10 (AACC, 2000).
- Carbohidratos por diferencia restando de 100 el porcentaje de proteína, grasa, humedad y ceniza (HART y FISHER, 1991).

- Absorción de agua se determinó por el método descrito por WANG y KINSELLA (1976).
- Absorción de aceite se determinó por el método descrito por WANG y KINSELLA (1976).
- Color se determinó mediante un colorímetro “Cónica – Minolta CR – 400” (HUNTERLAB, 2001).

3.4.2. Evaluación de los parámetros físicos de fideos.

- Tiempo óptimo de cocción (TOC) se determinó por el método descrito por OVANDO (2008).
- Pérdida por cocción (PPC) se determinó por el método descrito por OVANDO (2008).
- Absorción de agua (AA) se determinó por el método descrito por AGAMA – ACEVEDO (2009).
- Espesor del fideo se determinó por el método descrito por AGAMA – ACEVEDO (2009).
- Color de los fideos crudos y cocidos se determinó por el método descrito por AGAMA – ACEVEDO (2009).

3.4.3. Evaluación sensorial de fideos.

Se realizó la evaluación sensorial de los atributos masticabilidad y sabor mediante una cartilla con una escala hedónica de 5 puntos recomendada por AGAMA-ACEVEDO (2009), el diseño estadístico utilizado fue bloque incompleto balanceado (Tipo V) descrito por COCHRAN y COX (1991).

3.4.4. Evaluación de polifenoles totales.

Se realizó por el método espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu, *et al.* (1927), reportado por (SANDOVAL *et al.*, 2001).

3.5. Metodología experimental.

3.5.1. Preparación de las muestras.

La preparación de la harina de plátano sazón para las dos variedades se realizó pelando los frutos y cortándolos en rodajas de 1 cm, se sumergió inmediatamente en una solución de ácido cítrico (0,3% w / v). Las rebanadas fueron escurridas, se secó a 50 °C y finalmente fue molido. La harina fue almacenada 25 °C sellada en envases de plástico hasta los análisis posteriores (AGAMA – ACEVEDO, 2009).

3.5.2. Caracterización de las harinas de plátano sazón de dos variedades.

A las muestras obtenidas se le realizaron los análisis de humedad, proteína, ceniza y grasa, tal como se describen en el ítem 3.4.1.

3.5.2.1. Absorción de agua.

Se determinó pesando 1 g de muestra al cual se le adicionó 10 ml de agua destilada en un tubo de centrifuga de 15 ml. Posteriormente se centrifugó durante 25 min a 3000 rpm, luego se descartó el sobrenadante y se pesó el residuo de centrifugación. El agua absorbida se calculó por diferencia y se expresó como el cociente agua absorbida sobre peso de muestra.

3.5.2.2. Absorción de aceite.

Se pesó 1 g de muestra, al cual se le añadió 10 ml de aceite vegetal en un tubo de centrifuga de 15 ml. Luego se centrifugó a 3000 rpm por 25 min y se descartó el sobrenadante; se pesó el residuo de centrifugación. Se calculó el aceite absorbido por diferencia y se expresó como el cociente aceite absorbido entre peso de la muestra.

3.5.2.3. Color.

La determinación del color se realizó con un colorímetro Cónica Minolta CR-400, esto se realizó colocando las harinas en una placa petri recubriendo la superficie en su totalidad para luego colocar el equipo sobre la superficie y realizar el escaneo del color de las harinas. El principio del equipo se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro y reflejado por el color blanco, así como la descomposición de la misma en los colores rojo, azul, amarillo y verde. Los valores que representan estos colores son L, a y b. El eje "L" representa la luminosidad que varía desde 0 (negro) a 100 (blanco), el eje "a" representa la variación del color rojo (valores positivos) al color verde (valores negativos) y el eje "b" representa la variación de amarillo (valores positivos) a azul (valores negativos).

3.5.3. Determinación del porcentaje óptimo de sustitución en fideos con harina de plátano sazón de dos variedades.

3.5.3.1. Procesamiento de los fideos.

Para la elaboración de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades se utilizaron los niveles de sustitución de 0, 15, 30 y 45 % (A-I). Los fideos se elaboraron siguiendo el esquema mostrado en la Figura 01, el cual se describe a continuación:

Recepción:

Se recibieron las materias primas e insumos para la elaboración de los fideos en condiciones óptimas de consumo.

Pesado:

Se realizó el pesado de las materias primas (harina de trigo y harina de plátano) y se midió el volumen de los insumos líquidos (agua y huevo batido) necesarios para la elaboración de los fideos.

Mezclado:

Primero se realizó en mezclado de las harinas de trigo y plátano, una vez homogenizadas se hidrató la mezcla utilizando el huevo y agua en las cantidades previamente determinadas de acuerdo a la formulación.

Amasado:

El amasado de la mezcla se realiza de manera manual hasta obtener una pasta uniforme la cual se utiliza para el proceso de laminado.

Laminado:

Una vez obtenida la masa ésta se colocó en la máquina laminadora. En esta etapa el gluten rodea los gránulos de almidón formando

una matriz proteica la cual es originada por la fuerza que se ejerce entre los rodillos de la laminadora. Se realizó hasta obtener el espesor de 0,1 cm, la masa debe poseer un aspecto completamente homogéneo y un tono luminoso.

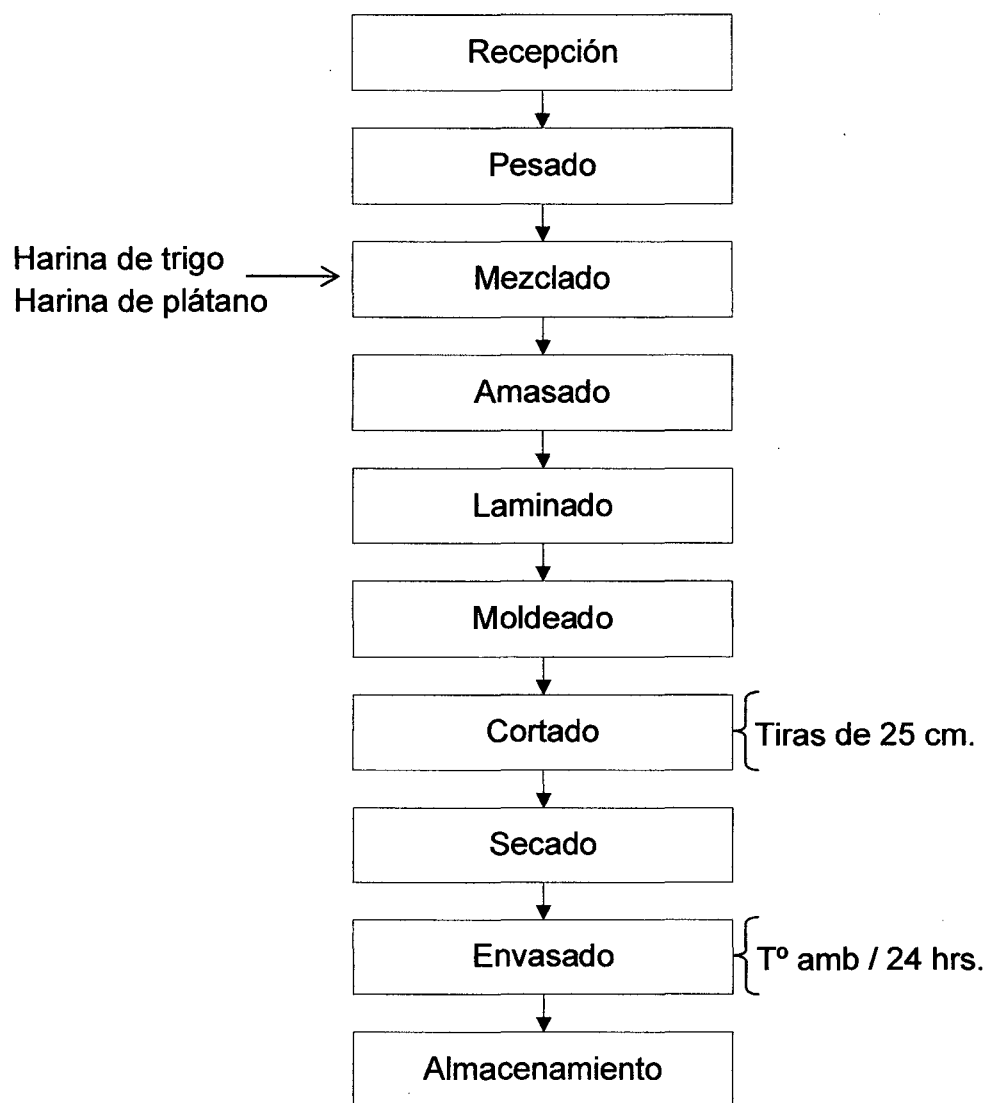


Figura 01. Flujograma de elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.

Moldeado:

Al obtener la masa laminada se procede al moldeado, el cual consiste en dar la forma deseada a la masa, en este caso los fideos fueron tipo cinta.

Cortado:

Cada tira de fideo fue cortado a 25 cm de largo manualmente con un cuchillo de acero inoxidable.

Secado:

El secado de las tiras se realizó a temperatura ambiente por un espacio de 24 horas en anaqueles.

Envasado:

Los fideos fueron envasados en bolsas de polietileno y sellados herméticamente, con un contenido de 250 gr cada una.

Almacenamiento:

El almacenamiento se realizó en un lugar seco a temperatura ambiente.

3.5.3.2. Evaluación de los parámetros físicos.

Se realizó las pruebas físicas a los siete tratamientos tal como se muestra en la Figura 03.

Tiempo óptimo de cocción (TOC):

El tiempo óptimo de cocción se estableció dispersando 3 g de fideos en 100 ml de agua hirviendo. Cada minuto se tomó una pieza de fideo y se comprimió entre dos placas de vidrio, el tiempo óptimo de cocción se

estableció cuando desapareció la línea blanca del centro del fideo observada después de la compresión entre las dos placas.

Pérdidas por cocción (PPC):

El agua de cocción de cada muestra de fideo, se colectó después de cada tiempo óptimo de cocción y se evaporó en una estufa a 105 ± 1 °C. El residuo se pesó y se reportó como el porcentaje de sólidos totales perdidos en el agua de cocción.

Absorción de agua (AA):

Se pesaron 12,5 g de fideos correspondiente a cada tratamiento, estos fueron cortados en trozos de un largo de 5 cm y se cocinaron hasta el tiempo óptimo de cocción obtenido para cada tratamiento en 200 ml de agua destilada hirviendo. Posteriormente se escurrió el agua y las pastas fueron sumergidas nuevamente en un volumen de 50 ml de agua por un minuto, al final se dejó escurrir a temperatura ambiente para posteriormente ser pesados. Este parámetro fue calculado en términos porcentuales, restando las masas correspondientes a las pastas cocidas y no cocidas y dividiendo el resultado entre la masa inicial de las pastas.

Espesor:

El espesor de los fideos crudos fue evaluado en cada uno de los tratamientos, esto se realizó con un micrómetro.

Color:

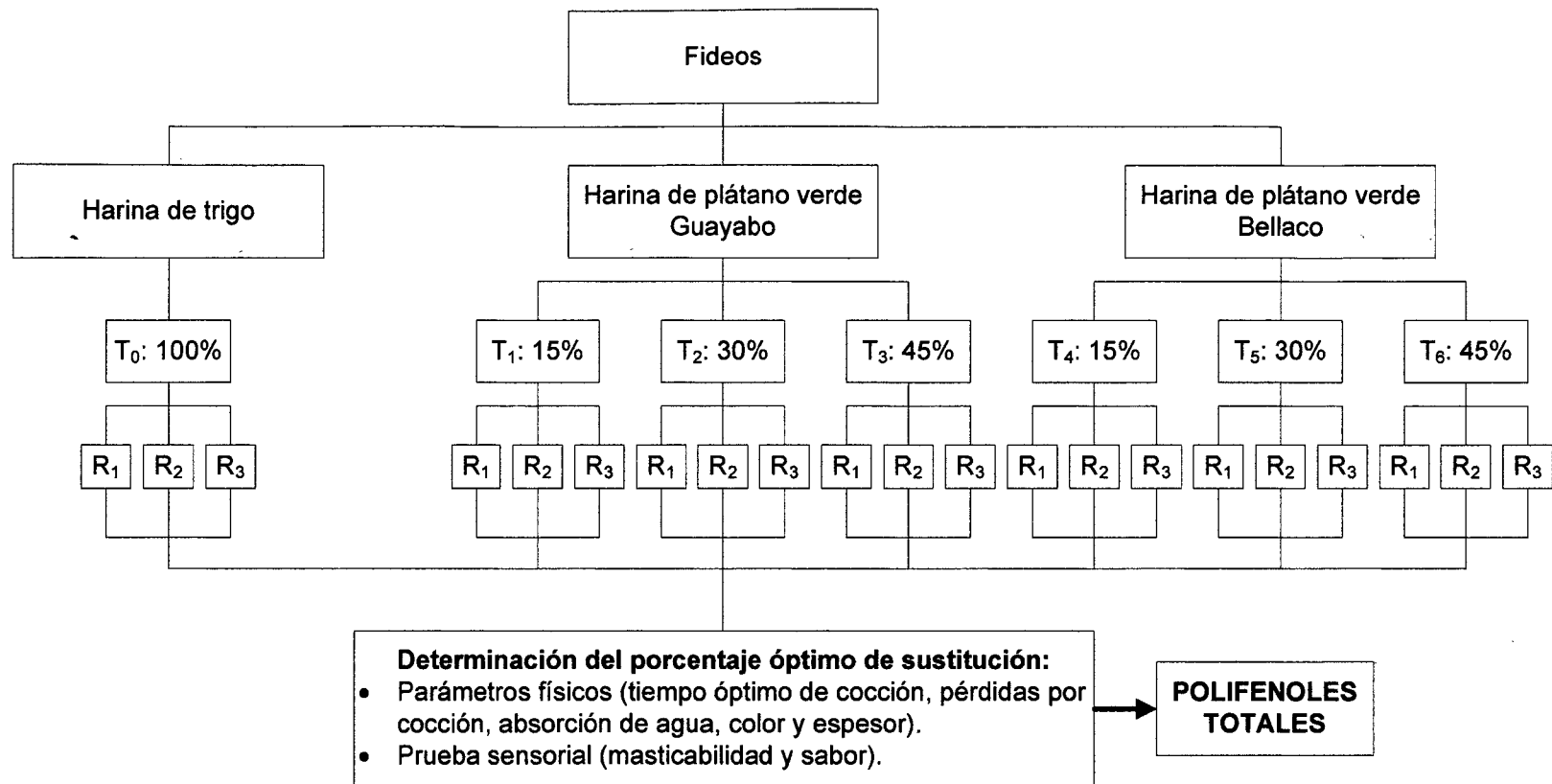
Se realizó por el mismo procedimiento utilizado para la caracterización de las harinas, el cual se muestra en el ítem 3.5.2.

3.5.3.3. Evaluación sensorial.

La prueba sensorial se realizó mediante la evaluación de los atributos masticabilidad y sabor de los fideos elaborados para los 7 tratamientos.

Estos atributos fueron evaluados mediante una cartilla (A-II) con una escala hedónica de 5 puntos para el atributo masticabilidad y 4 puntos para el sabor, para ello se realizó una degustación con 21 panelistas, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria (A-III), el diseño estadístico utilizado fue bloque incompleto balanceado (Tipo V) y se trabajó con los siguientes parámetros $t = 7$, $k = 2$, $b = 21$, $r = 6$, $\lambda = 1$ y $E = 0,58$ (COCHRAN y COX, 1991).

Los resultados de las pruebas físicas y sensoriales fueron analizados mediante el paquete estadístico "INFOSTAD" las pruebas fueron componentes principales y análisis de conglomerados.



Donde:

$T_0 = 100\%HT$; $T_1 = 15\%HPG:85\%HT$; $T_2 = 30\%HPG:70\%HT$; $T_3 = 45\%HPG:55\%HT$; $T_4 = 15\%HPB:85\%HT$; $T_5 = 30\%HPB:70\%HT$;
 $T_6 = 45\%HPB:55\%HT$; R_1, R_2, R_3 : repeticiones.

Figura 02. Diseño experimental para la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.

3.5.4. Evaluación de polifenoles totales.

La evaluación de los polifenoles totales se realizó solo en el mejor tratamiento obtenido de las pruebas físicas y sensoriales.

3.5.4.1. Determinación de curva estándar

La curva estándar se realizó preparando una solución stock de 10mL de ácido gálico a una concentración de 2mg/mL a partir de ello se hicieron las concentraciones siguientes: 1,00; 0,5; 0,25; 0,125 y 0,0625 mg/mL, cada dilución se preparó por triplicado. Se agregó a cada tubo 1,58 mL de agua desionizada y 20 μ L de muestra (en caso del blanco 20 μ L de agua desionizada), se homogenizo ligeramente. Luego se agregó 100 μ L de solución de fenol Folin-Ciocalteu a cada muestra, se incubo por 1 minuto a temperatura ambiente; se neutralizo la reacción agregando 300 μ L de Na_2CO_3 al 20% y finalmente se incubo por 2 horas a temperatura ambiente, para una completa reacción. Luego se realizo la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a 700 nm. Con los resultados obtenidos se graficó concentración vs absorbancia, se procedió a determinar la ecuación y el coeficiente de correlación.

3.5.4.2. Cuantificación de polifenoles totales

La cuantificación de polifenoles totales de las muestras se realizó partiendo del extracto hidroalcohólico 100 mg/mL (filtrado y centrifugado 10000rpm/10min a 4°C), a partir de ello se tomaron las muestras realizando 5 repeticiones por tratamiento, cabe destacar que se adiciono en los tubos para

cada tratamiento 1580 μL de agua destilada, 20 μL de extracto, 100 μL de fenol Folin-Ciocalteu μL y finalmente 300 μL de Na_2CO_3 al 20% y se incubó por 2 horas a temperatura ambiente, luego se hizo la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 700 nm. Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar y expresadas en equivalente de ácido gálico (mg EAG/100g muestra).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano sazón con dos variedades.

Se realizó la caracterización de las harinas de plátano sazón de las dos variedades (Guayabo y Bellaco), los resultados se presentan en el Cuadro 05.

4.1.1. Humedad.

El contenido de humedad de las harinas de plátano sazón de las variedades Guayabo y Bellaco fue de 7,11 y 5,92% respectivamente. Da MOTTA *et al.* (2000) reporta que el contenido de humedad varía de 4 – 6% en harinas de plátano de diferentes variedades. La harina de plátano guayabo presenta un porcentaje superior al mencionado por el autor, mientras que la harina de plátano bellaco se encuentra dentro del rango. Por otro lado JUAREZ – GARCÍA *et al.* (2006) menciona que la humedad en la harina de la variedad Macho (Bellaco) es de 7,1%, mientras que SOTO (2010) menciona que el contenido de humedad para la harina de plátano verde es de 9,45% y para la harina de banana verde es de 5,72%. Las diferencias en el contenido de humedad pueden deberse al método y tiempo de secado utilizado, además un contenido de humedad elevado (15%) favorece el crecimiento de microorganismos durante su almacenamiento (AGUIRRE – CRUZ, 2007).

4.1.2. Proteínas.

Con respecto al contenido de proteínas de las harinas de plátano de las dos variedades los valores obtenidos fueron de 3,87% y 3,14%. JUAREZ – GRACÍA *et al.* (2006) reporta un contenido de proteína en harina de plátano de 3,27%, del mismo modo ISLAS – HERNANDEZ (2007) reporta un contenido similar (3,4%). La harina de la variedad Guayabo en estudio (3,87%) presentó un valor superior pero no muy alejado a los mencionados, mientras que la harina de Bellaco (3,14%) se encuentra dentro del rango propuesto por Da MOTTA *et al.* (2000) el cual menciona que el contenido de proteínas se encuentra en un rango de 2,5 – 3,3%. También se reportaron valores de proteína para la harina de plátano verde 3,32% (SOTO, 2010) y 3,2% (NAVIA *et al.*, 1995).

4.1.3. Grasas.

Según VÁSQUEZ y SALAZAR (2005) el contenido de lípidos en la harina de plátano sazón es de 0,2%, mientras que JUAREZ - GARCÍA *et al.* (2006) reportan un valor de 2,7% para diferentes variedades de plátano. El valor de grasa obtenido de la harina de plátano Guayabo fue de 0,58%, el cual es similar al reportado por SOTO (2010) el cual fue de 0,57%. Por otro lado el valor que se encontró en la harina de Bellaco fue 0,38% y este es similar al reportado por NAVIA *et al.* (1995) (0,4%). Los diferentes valores del contenido de grasa pueden deberse a las diferentes variedades utilizadas por los autores en los análisis de grasa. Se reportaron también valores de grasa de 3,2% para harina de plátano del fruto competo (pulpa y cáscara) (ISLAS – HERNANDEZ, 2007).

Cuadro 05. Caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano sazón de dos variedades.

9 Componentes	Unidad	Guayabo		Bellaco	
		Base	Base	Base húmeda	Base seca
		húmeda	seca		
Humedad	%	7,11 ± 0,289	0	5,92 ± 0,166	0
Proteína ¹	%	4,17	3,87 ± 0,031	3,34	3,14 ± 0,050
Grasa	%	0,63	0,58 ± 0,00	0,40	0,38 ± 0,00
Ceniza	%	2,83	2,63 ± 0,043	2,64	2,48 ± 0,059
Carbohidratos ²	%	85,88	93,48	88,09	94,37
Absorción de agua	g agua / g muestra	1,72 ± 0,025	-	1,45 ± 0,015	-
Absorción de aceite	g aceite / g muestra	1,07 ± 0,010	-	1,05 ± 0,007	-
Color	L*	81,03 ± 0,607	-	80,30 ± 0,312	-
	a*	-0,32 ± 0,055	-	-0,55 ± 0,034	-
	b*	20,34 ± 0,211	-	20,15 ± 0,150	-

Los valores representan (promedio ± SEM) los datos provienen del experimento (n=3).

¹(N*6,25)

²Carbohidratos fue cuantificado por diferencia.

4.1.4. Cenizas.

El contenido de cenizas de las muestras de harina de plátano fue de 2,63 y 2,48%. Valores similares de cenizas (2,6 - 3,5% y 2,5%) fueron reportados por Da MOTTA *et al.* (2000) y NAVIA *et al.* (1995), mientras que JUÁREZ – GARCÍA *et al.* (2006) e ISLAS – HERNANDEZ (2007) reportan valores de 4,7% y 4,4% respectivamente. El contenido de cenizas en la harina de plátano puede deberse a que las frutas se caracterizan por su contenido de minerales.

4.1.5. Carbohidratos.

Las harinas de plátano de las dos variedades poseen un contenido de carbohidratos de 93,48 y 94,37%, estos valores fueron calculados por diferencia. SOTO (2010) reporto valores de carbohidratos para la harina de plátano verde (*Musa carvedishii*) de 81,03% y para la harina de banano verde (*Musa paradisiaca*) 87,83%; por otro lado AMBRIZ *et al.*, (2007) reporto un contenido de 90,08% para el plátano macho.

4.1.6. Absorción de agua.

Los valores de absorción de agua de las harinas de plátano de las dos variedades fueron 1,72 y 1,45 g agua / g muestra (172% y 145%). Estos valores son similares a los reportados por RAMÍREZ y PACHECO de DELAHAYE (2009) para las harinas de frutas de plátano verde (125%), pintón (85%) y maduro (67%). Ello demuestra que de acuerdo al grado de madurez del plátano la absorción de agua varía en las harinas. La absorción de agua depende de las interacciones

proteína – agua (BADUI, 1999) y también puede estar relacionada con el tamaño de las partículas y la alta fuerza asociativa intermolecular existente entre los polímeros de los carbohidratos presentes (PACHECO, 2001; PACHECO *et al.*, 2004).

RAMÍREZ y PACHECO De DELAHAYE (2009) reportan valores de absorción de agua de 458%, 525% y 457% para las harinas de piña, guayaba y guanábana respectivamente, los cuales son superiores a los obtenidos de las harinas de plátano verde. Del mismo modo las cascarillas de maíz (317%), trigo (291%) y soya (142%) reportan valores superiores (ZARAGOZA *et al.*, 2001) y valores extremadamente altos son reportados para las fibras de naranja (1550 – 1670%; CHAU y WANG, 2003) y mango (1011%; VERGARA-VALENCIA *et al.*, 2006).

4.1.7. Absorción de aceite.

La absorción de grasa es una propiedad funcional, la cual es producto del atrapamiento físico de las grasas por parte de las proteínas formando estructuras denominadas micelas, está a su vez está determinada por su interacción con los almidones (WANG y KINSELLA, 1976).

Los valores de absorción de aceite fueron de 1,07 y 1,05 g aceite / g muestra (107% y 105%) para las harinas de plátano sazón de las dos variedades. Estos valores son similares a los presentados por VERGARA – VALENCIA *et al.* (2006) en fibra de mango (92 -138%), guisantes (100%) y zanahoria (100%; RAGHAVENDRA *et al.*, 2006). Sin embargo los valores de las harinas de plátano

son inferiores a los de la fibra de cáscara de naranja (235 -509%, CHAU y WUANG, 2003) y los de las harinas de piña, guanábana y naranja (156, 195 y 181%; RAMÍREZ y PACHECO De DELAHAYE, 2009).

4.1.8. Color

El color de las harinas en cuanto a luminosidad está representado por el parámetro L* (0 a 100), siendo este para las harinas de plátano Guayabo (81,03) y Bellaco (80,30) similar. Estos valores también son similares a los reportados por AMBRIZ *et al.* (2007) para la harina de plátano macho (88,17); sin embargo el valor de la harina de trigo (93,1; ESCOBAR *et al.*, 2009) es superior al de las harinas de plátano.

En cuanto al parámetro a* muestra la variación de color desde verde (0 a -100) hasta rojo (0 a +100), para las harinas de plátano verde los valores que se obtuvieron fueron de -0,32 para Guayabo y de -0,55 para Bellaco. Este parámetro de color representa una tendencia mínima al color verde por parte de las dos harinas de plátano, estos valores se asemejan a los reportados para la harina de trigo (0,00; ESCOBAR *et al.*, 2009).

El parámetro b* representa el rango de color desde el azul (0 a -100) hasta amarillo (0 a +100), siendo para la harina de plátano sazón Guayabo (20,34) y para la harina de Bellaco (20,15) similares. Por otro lado AMBRIZ *et al.*, (2007) reporta valores de 7,7 para la harina de trigo, mostrándose este como superior que el de las harinas de plátano sazón.

4.2. Determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos con harina de plátano sazón de dos variedades.

4.2.1. Evaluación de los parámetros físicos.

La evaluación de los parámetros físicos para la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos con harina de plátano sazón de dos variedades se presenta a continuación.

Tiempo óptimo de cocción (TOC).

Esta prueba en una pasta es necesaria para obtener una completa gelatinización del almidón (HERNÁNDEZ, 2006), según los resultados presentados en el Cuadro 06 y la Figura 03 podemos apreciar que entre los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-IV) y según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) el tratamiento con 100% de HT fue el que tuvo el mayor promedio $29 \pm 0,333\%$ y el menor correspondió a los tratamientos 45% HPG ($8 \pm 0,333 \%$) y 30% HPB ($7 \pm 0,000 \%$). Según GALLARDO *et al.* (2007), en la elaboración de fideos con sustitución de harina de alfalfa el tratamiento con 100%HT tuvo un tiempo de cocción 20 min. La elaboración de fideos con semolina de trigo tiene menor tiempo de cocción VASILIU y NAVAS (2009) reporta 12min y GRANITO *et al.* (2003), 11min.

De los resultados para plátano guayabo podemos indicar que a medida que se aumenta el nivel de sustitución el tiempo de cocción disminuye. Según OVANDO (2008) el tiempo óptimo de cocción del espagueti control y los adicionados con harina de plátano al 15, 30 y 45% fueron de 11, 7, 6 y 5 min

respectivamente, esto indica que a mayor sustitución el tiempo de cocción disminuye, esto puede ser debido a la influencia del contenido de proteína y amilosa presente, el mismo autor indica que fideos elaborados con harina de trigo con un alto contenido de proteína, tuvieron un tiempo de cocción más largo que aquellos con un contenido de proteína menor, pero con igual contenido de amilosa.

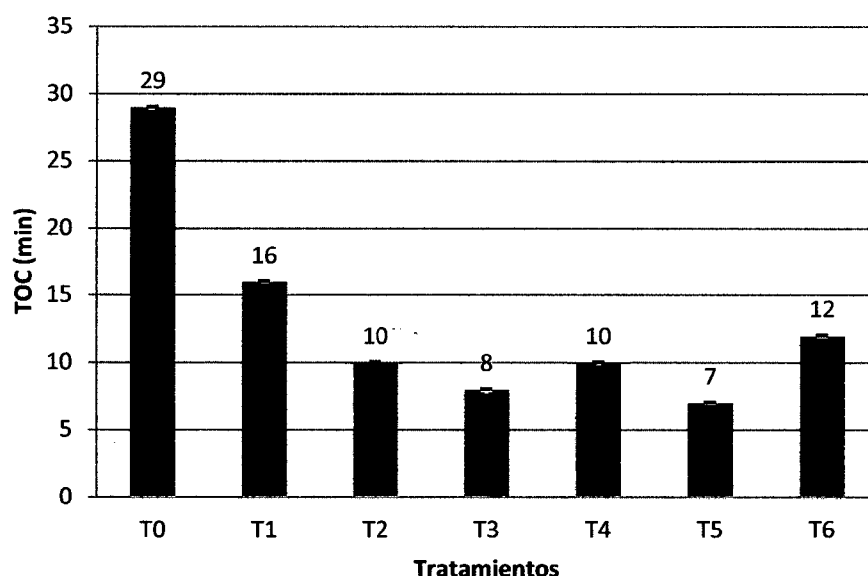


Figura 03. Tiempo óptimo de cocción de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.

Pérdidas por cocción (PPC).

Durante la cocción, la pasta debe mantener su forma sin desintegrarse, al igual que incrementar su volumen; mientras son liberadas al

Cuadro 06. Evaluación del tiempo óptimo de cocción (TOC), pérdidas por cocción (PPC), absorción de agua (AA) y espesor en fideos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano.

%	Trata-				
Sustitución	mientos.	TOC (min)	PPC (%)	AA (%)	Espesor (cm)
100% HT	T ₀	29 ± 0,333 ^a	6,93 ± 0,012 ^g	253,39 ± 0,015 ^c	0,24 ± 0,006 ^a
15% HPG	T ₁	16 ± 0,333 ^b	9,58 ± 0,006 ^d	264,69 ± 0,012 ^a	0,10 ± 0,000 ^d
30% HPG	T ₂	10 ± 0,333 ^c	9,77 ± 0,007 ^c	263,46 ± 0,021 ^b	0,11 ± 0,006 ^{cd}
45% HPG	T ₃	8 ± 0,333 ^d	10,14 ± 0,007 ^a	201,10 ± 0,012 ^f	0,16 ± 0,009 ^b
15% HPB	T ₄	10 ± 0,333 ^c	9,98 ± 0,012 ^b	248,33 ± 0,012 ^d	0,12 ± 0,000 ^{cd}
30% HPB	T ₅	7 ± 0,000 ^d	8,75 ± 0,012 ^e	214,76 ± 0,022 ^e	0,12 ± 0,003 ^{cd}
45% HPB	T ₆	12 ± 0,333 ^c	8,49 ± 0,006 ^f	199,44 ± 0,021 ^g	0,14 ± 0,009 ^{bc}

Los valores representan el promedio ± SEM (n=3). Letras diferentes en una columna indican diferencia significativa (p<5). HT: Harina de trigo; HPG: Harina de plátano verde Guayabo; HPB: Harina de plátano verde Bellaco.

agua de cocción pequeñas cantidades de material sólido las pérdidas por cocción aumenta, este indicador usualmente es usado para predecir la calidad de cocción de los fideos (COLE, 1991).

Según los resultados presentados en el Cuadro 06 y Figura 04 se puede apreciar que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa (A-V), comparando los promedios de los tratamientos encontramos que el fideo elaborado con 45% HPG tuvo la mayor pérdida por cocción $10,14 \pm 0,007$ % y la menor pérdida se encontró en el tratamiento 100%HT $6,93 \pm 0,012$ %. Comparando nuestros resultados con el reporte de OVANDO (2008) Control = 4,73%; 15%HP = 5,28%; 30%HP = 6,08%; 45%HP = 6,17% el comportamiento fue similar, este autor indica que el incremento en las pérdidas por cocción se puede atribuir a la adición de harina de plátano en los fideos, la cual provocó una disminución en el contenido de proteína y a su vez en la cantidad de gluten que debilitó la red proteína-almidón, permitiendo de esta forma una mayor liberación de sólidos de los fideos hacia el agua de cocción. Se ha explicado que en la pasta, las proteínas de la sémola están enlazadas por enlaces bisulfito, hidrógeno y enlaces hidrofóbicos que forman una matriz, la cual da propiedades de viscoelasticidad y durante el proceso de cocción esta matriz gradualmente se desintegra, y si la matriz proteica se desorganiza se tiene como resultado una desintegración más rápida durante la cocción. Una proteína débil o discontinua, permite la liberación de grandes cantidades de exudados durante la gelatinización del gránulo de almidón, lo cual se ve reflejado en la cantidad de sólidos liberados en el agua de cocción. Así mismo GÓMEZ *et al.* (2011), indica en fideos

elaborados con sustituciones el almidón gelatinizado forma una matriz no suficientemente fuerte para retener el agua y expandirse, ya que se ha indicado que la sustitución de harina de trigo por otras harinas debilita la red proteica del gluten.

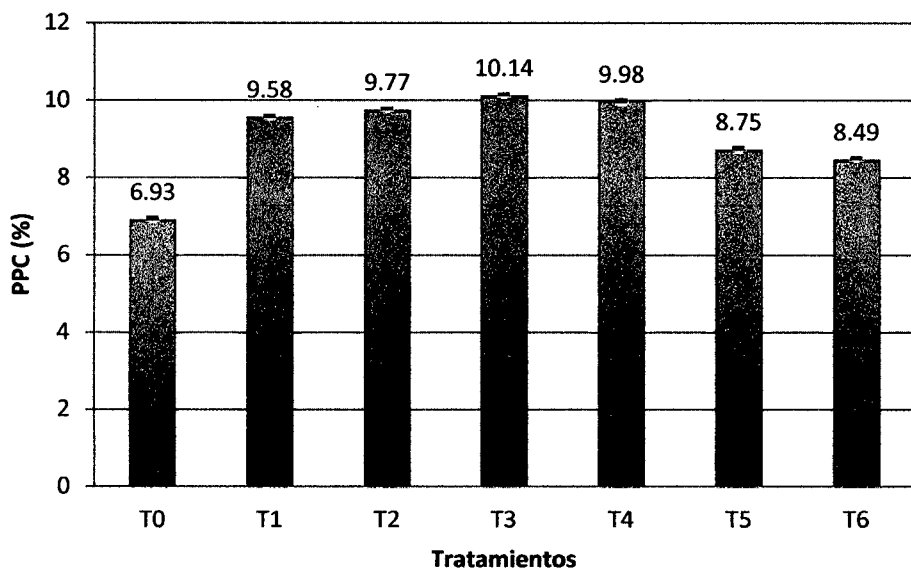


Figura 04. Pérdidas por cocción de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.

Para fideos de semolina, valores de pérdidas por cocción en el rango de 6,40 - 6,50% fueron reportados por MANTHEY y SCHORNO (2002) y HERNANDEZ-NAVA *et al.* (2009) respectivamente. Durante la cocción de la pasta en agua, algunos componentes solubles incluyendo la amilosa, polisacáridos no amiláceos y proteína salen de la pasta y entran en el agua de cocción. Se

encontró que el principal componente en el agua de cocción es amilosa (MATSUO *et al.*, 1993). Las pérdidas por cocción son significativamente influenciadas por el tiempo de cocción acompañadas al contenido de proteínas (EDWARDS *et al.*, 1993).

Comparando las dos variedades de plátano encontramos que la mayor pérdida por cocción fue en la sustitución de harina plátano guayabo (9,58 - 10,14%) que en la harina de plátano bellaco (8,40 a 9,98 %), según GRANITO *et al.* (2003) indica que pérdidas por cocción superiores a 9% resultan indeseables en la fabricación de pastas alimenticias.

Absorción de agua (AA).

Durante la cocción de fideos estos absorben agua debido a la gelatinización del almidón y la absorción de agua de parte del gluten (MAJZOBI *et al.*, 2011). Analizando los resultados presentados en el Cuadro 06 y Figura 05, se encontró que entre los tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa (A-VI) según Tukey ($P \leq 0,05$) el mayor promedio correspondió al tratamiento 15% HPG ($264,69 \pm 0,012\%$) y el menor fue para el tratamiento 45% HPB ($199,44 \pm 0,021\%$), sobre estos resultados podemos indicar que fideos elaborados con sustitución parcial captan agua aproximadamente hasta un 200% de su peso cuando estos son cocinados (HERNANDEZ, 2006).

Comparando los resultados obtenidos de la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano guayabo y bellaco estos tuvieron valores mayores que el de la semolina (196%). Al respecto VASILIU y NAVAS (2009),

explican que los polisacáridos del tipo de almidón y las proteínas (glutenina – gliadinas) presentes en las sémolas de trigo, son los responsables de las propiedades viscoamilográficas de absorción y solubilidad en agua, por lo que la incorporación de un material con menor contenido de estos componentes afecta la formación del gluten y modifican en consecuencia las propiedades físicas de la red almidón-proteína-agua.

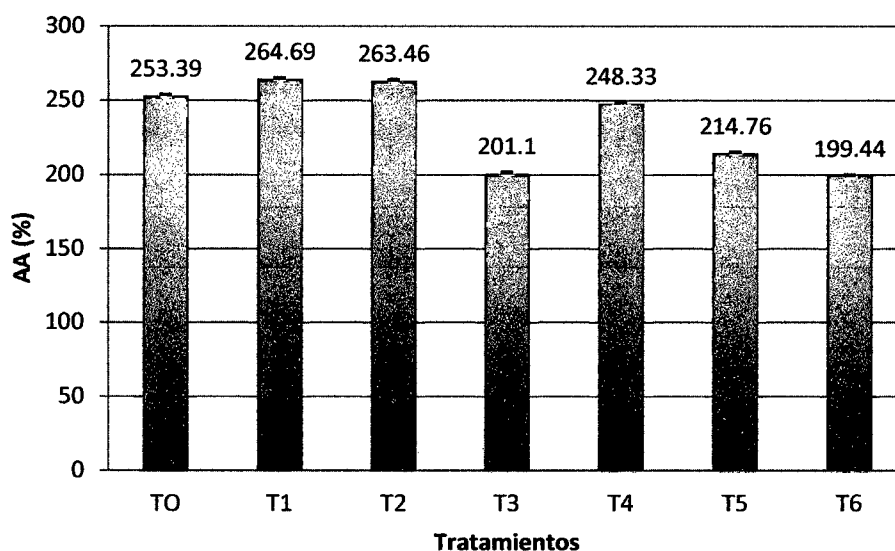


Figura 05. Absorción de agua de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.

De los resultados también cabe destacar que a medida que se incrementa el nivel de sustitución el porcentaje de absorción de agua disminuye para el plátano Guayabo con 15% (264,69%) y con 45% (201%) y para el plátano Bellaco con 15% (248%) y para 45% (199%). Para AGAMA-ACEVEDO (2009)

fideos elaborados con 15 % de sustitución de harina de plátano fue 198,68% y con 45% fue 156,31%, el mismo autor indica que este comportamiento puede deberse a diversos factores como: la formación de una red de proteína muy fuerte que impide la difusión del agua en los gránulos de almidón que también limita la hinchazón, la fuente de almidón (tamaño y forma de los gránulos) donde el agua se incorpora dentro de los gránulos durante el calentamiento y la fibra dietética que tiene la capacidad de unir las moléculas de agua.

Espesor.

Analizando los resultados presentados en el Cuadro 06 y Figura 06 referidos al espesor de los fideos cocidos podemos indicar que se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-VII) entre los tratamientos, según Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor espesor correspondió a control (100% HT) 0,24 mm, y todos los tratamientos que tuvieron sustitución parcial de harina de plátano guayabo y bellaco fueron menores, al respecto podemos indicar según HERNÁNDEZ (2006) que en los fideos adicionados con 15 y 20 % de almidón de plátano tuvieron un menor diámetro.

Así mismo, AGAMA-ACEVEDO (2009) en su estudio sobre diferentes niveles de sustitución de harina banano verde en la elaboración de fideos encontró que el diámetro de los fideos osciló entre 1,98 y 1,84mm y disminuyó en las muestras donde se añadió más altos niveles de harina de plátano (30% y 45%). El mismo autor indica que el diámetro superior en la muestra cocida es debido a la mayor absorción de agua en aquellos

fideos con el más alto nivel de harina de plátano (30% y 45%) y el diámetro de la muestra cocida fue inferior al 50% en comparación al control esto puede ser debido a la presencia del material insoluble o almidón resistente presente en la harina de plátano.

Cabe resaltar que en las sustituciones de 45% de harina de plátano Guayabo y Bellaco el espesor de los fideos cocidos fue mayor a los de menor sustitución, esto puede ser explicado por AGAMA-ACEVEDO (2009) que indica que el tipo de ingrediente utilizado en la formulación y el proceso de preparación tiene un profundo efecto sobre el diámetro de los fideos.

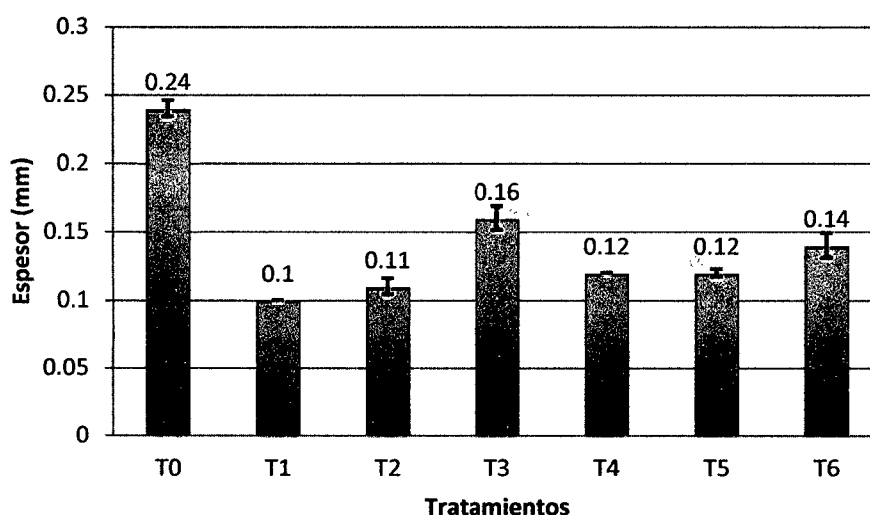


Figura 06. Espesor de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.

Color de los fideos crudos.

El color es un atributo sensorial especialmente en la preferencia para la adquisición de un producto alimenticio, en la pasta es esencial para evaluar la calidad de esta; por lo general, los consumidores prefieren la pasta con un color amarillo brillante (PETIOT *et. al*, 2010).

Según la escala de CieLab (L^* a^* b^*) analizando los resultados obtenidos en el Cuadro 07 y Figura 07, la luminosidad entre los tratamientos de los fideos crudos presentó diferencia altamente significativa (A-VIII) teniendo la mayor intensidad lumínica el tratamiento T3 (45%HPG) 76,71 y la menor se encontró en los tratamientos T0 (100%HT) 68,21 y T6 (45%HPB) 67,01, ósea estos fueron más oscuros, esta variación en la luminosidad puede deberse a que el plátano guayabo tiene una coloración más amarilla que el plátano bellaco. Según MAJZOOBI *et al.* (2011), indica que el color de los fideos está gobernado por pigmentos amarillos presentes en la harina los cuales son xantofilas y carotenos principalmente.

Según los resultados de la luminosidad se puede apreciar que el tratamiento control 100% harina de trigo tuvo poca luminosidad esto puede ser debido a lo indicado por HERNÁNDEZ (2006), quién menciona que los valores de luminosidad de las pastas fueron ligeramente menores en los fideos elaboradas con trigo durum con almidón parcialmente ceroso, comparado con los otros trigo durum usados.

GÓMEZ *et. al* (2011), elaboro pasta de harina compuesta de sémola e hidrolizado de germen desgrasado de maíz con sustitución de 10, 15 y 20% , los

valores de luminosidad obtenidos fueron 77,69, 76,11 y 83,16 respectivamente, este valor alto se debe posiblemente al proceso de hidrolizado del germen lo que provoca un aclaramiento de la muestra. TIBOONBUN *et al.* (2011) en su investigación sobre la elaboración de fideos de arroz con sustitución de harina de plátano verde encontró valores de luminosidad en los fideos de arroz con 60% de 78,78, sustituyendo 80% la luminosidad fue 55,28 y al 100 % 47,82, este oscurecimiento en los fideos se debe a la presencia de compuestos fenólicos los cuales reaccionan con la polifenol oxidasa provocando el oscurecimiento de las harinas.

De los valores de a^* coordenada rojo – verde encontrados en los fideos elaborados con sustitución de harina de plátano podemos indicar que entre los tratamientos existe diferencia significativa (A-IX) teniendo el mayor valor T0 (100% HT) 1,96 y el menor valor correspondió a T3 (45%HPG) 0,34; en general todos los tratamientos tuvieron valores positivos esto indica que el tono del croma es más rojo que verde, y tiene menos saturación en el croma rojo. AGAMA-ACEVEDO (2009) reporta que a medida que aumenta el nivel de sustitución (15 a 45%) de harina de plátano los valores de a^* disminuyen de 1,54 a 0,97.

Con respecto los al valor b^* coordenada azul-amarillo podemos indicar que entre los tratamientos existió diferencia estadística significativa (A-X), de los promedios según Tukey ($p \leq 0,05$) encontramos que el tratamiento con 100% HT tuvo el mayor valor 22,49 y en general el resto de tratamientos en los que se tiene los niveles de sustitución de harina de plátano tienen menores valores especialmente el tratamiento 45% HPG (18,57). TIBOONBUN *et al.* (2011) cuando

elaboró fideos con harina de arroz tuvo un valor de b^* de 1,75 y cuando reemplazó harina de banana verde hasta 60% obtuvo un valor de 12,56. Así mismo, GÓMEZ *et al.* (2011) en una pasta de harina compuesta de sémola e hidrolizado de germen desgrasado de maíz con 15% de sustitución el valor de b^* fue 19,48 y con 20% fue 16,18.

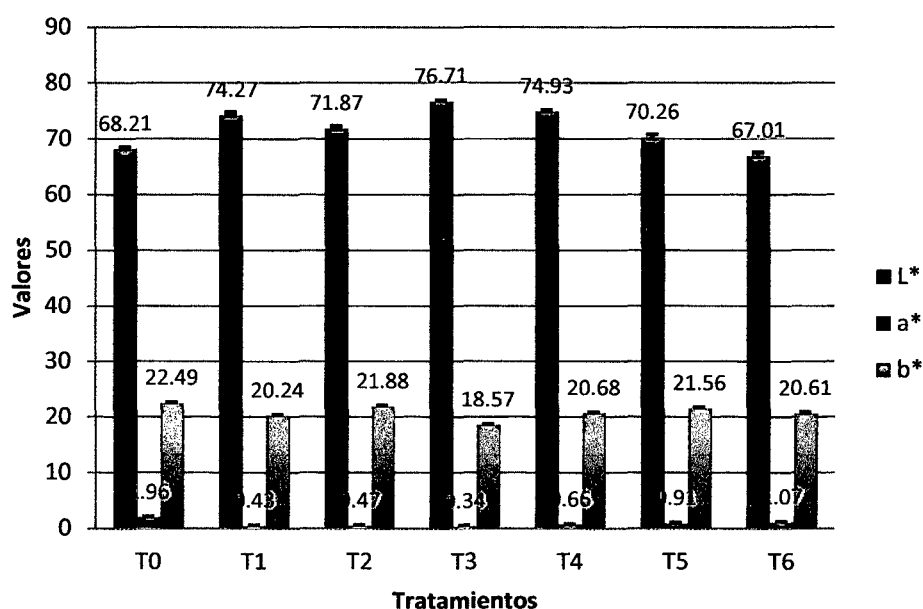


Figura 07. Color de los fideos crudos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.

Según los resultados en general referidos al croma b^* podemos decir que todos los tratamientos presentaron una mayor saturación hacia el croma amarillo, SAIFULLAH *et al.* (2009) indica que el color amarillo se desarrolla como resultado de los pigmentos naturales en la harina de trigo y los cambios de color

se deben en parte a la disolución de estos pigmentos, como resultado de la sustitución parcial con harina de plátano. Como podemos apreciar en los resultados la medición del color no es fácil en tal sentido CHACON (2009) menciona que la evaluación del color es un criterio muy variable que depende de numerosos factores, por lo tanto es necesario recomendar el uso de sistemas instrumentales que permitan obtener mediciones objetivas y estandarizadas.

Color de los fideos cocidos.

Según los resultados del Cuadro 07 y Figura 08 con respecto a la intensidad a lumínica podemos indicar que entre los tratamiento se encontró diferencia estadística altamente significativa (A-XI) estos resultados sometidos a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) reportaron que la mayor intensidad lumínica la presento 100% HT con 63,10, en los tratamientos que tuvieron sustitución de 45% de harina de plátano guayabo y bellaco fueron los que presentaron la menor intensidad lumínica 47,97 y 47,78, esta disminución de la intensidad lumínica como producto de la sustitución posiblemente se debe a lo reportado por PETIOT *et al.* (2010) el cual menciona que puede estar relacionada a la reacción de Maillard la cual se produce fácilmente durante la cocción de la pasta.

Según los resultados del croma a* Rojo-verde de los fideos cocidos se puede apreciar que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa (A-XII), teniendo el mayor promedio el tratamiento con 45% HPB (0,41) y el restos de tratamientos incluidos el control muestran una saturación al

croma verde, según PETIOT *et al.* (2010) en la elaboración de pastas el tratamiento control con semolina de trigo sin cocer fue 5 y cocido fue 1.

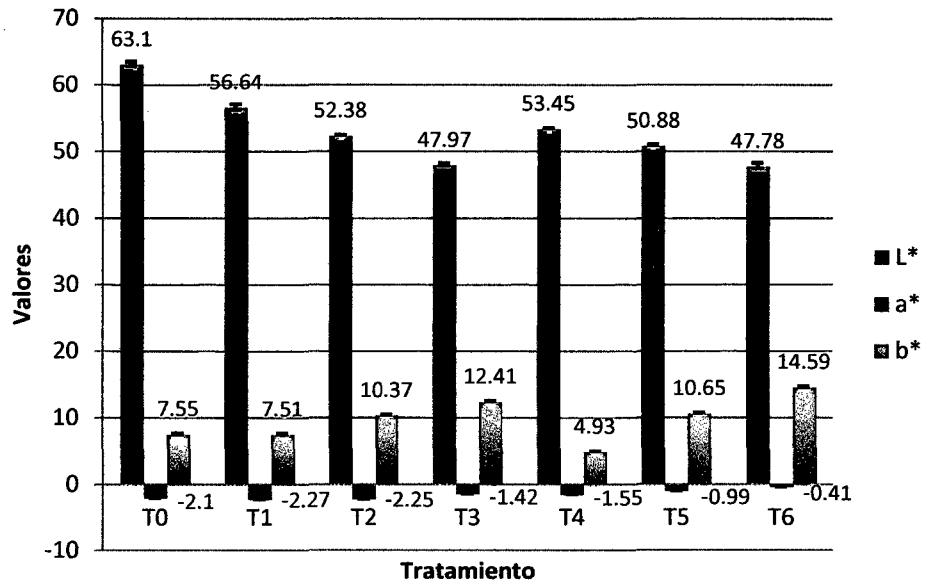


Figura 08. Color de los fideos cocidos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.

Con respecto al croma b* los tratamientos presentaron diferencia estadística altamente significativa (A-XIII), los fideos con 45% HPB tuvieron el mayor valor 14,59 y el tratamiento con 15%HPB fue el que tuvo el menor valor 4,93. De igual manera se puede apreciar comparando con los fideos crudos que la cocción provocó una pérdida de este croma, esto puede ser explicado por GRANITO *et al.* (2003) que indica que se podría suponer que al aumentar el contenido de gluten la matriz proteica que se forma alrededor del almidón

Cuadro 07. Efecto de la sustitución de harina de plátano en el Color de los fideos crudos y cocidos.

% Sustitución	Trata- mientos.	Crudos			Cocidos		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
100% HT	T ₀	68,21 ± 0,3283 ^e	1,96 ± 0,0296 ^a	22,49 ± 0,1009 ^a	63,10 ± 0,2436 ^a	-2,10 ± 0,0379 ^d	7,55 ± 0,0561 ^d
15% HPG	T ₁	74,27 ± 0,4296 ^b	0,43 ± 0,0033 ^{ef}	20,24 ± 0,1126 ^d	56,64 ± 0,3571 ^b	-2,27 ± 0,0186 ^e	7,51 ± 0,0404 ^d
30% HPG	T ₂	71,87 ± 0,0219 ^c	0,47 ± 0,0033 ^e	21,88 ± 0,0173 ^b	52,38 ± 0,3308 ^{dc}	-2,25 ± 0,0561 ^{ed}	10,37 ± 0,0291 ^c
45% HPG	T ₃	76,71 ± 0,2146 ^a	0,34 ± 0,0200 ^f	18,57 ± 0,0353 ^e	47,97 ± 0,0623 ^e	-1,42 ± 0,0273 ^c	12,41 ± 0,0786 ^b
15% HPB	T ₄	74,93 ± 0,0451 ^b	0,66 ± 0,0058 ^d	20,68 ± 0,0058 ^c	53,45 ± 0,142 ^c	-1,55 ± 0,0351 ^c	4,93 ± 0,0971 ^e
30% HPB	T ₅	70,26 ± 0,0745 ^d	0,91 ± 0,0426 ^c	21,56 ± 0,0451 ^b	50,88 ± 0,433 ^d	-0,99 ± 0,0426 ^b	10,65 ± 0,0033 ^c
45% HPB	T ₆	67,01 ± 0,4257 ^e	1,07 ± 0,0088 ^b	20,61 ± 0,1007 ^c	47,78 ± 0,434 ^e	0,41 ± 0,0145 ^a	14,59 ± 0,1510 ^a

Los valores representan el promedio ± SEM (n=3).
 Letras diferentes en una columna indican diferencia significativa (p<5).

disminuye la disponibilidad de los extremos reductores de los azúcares y por tanto la posibilidad de que ocurra la reacción de Maillard.

En conclusión podemos decir de los resultados referidos al color los fideos crudos tuvieron una coloración rojo - amarillo (a^* , b^*) y una intensidad lumínica L^* mayor y los fideos cocidos tuvieron una coloración verde – amarillo (a^* , b^*) y una menor intensidad lumínica.

4.2.2. Evaluación sensorial.

Masticabilidad.

El tiempo de cocción se divide en mínimo, óptimo y máximo, que corresponde al momento en el cual el almidón es gelatinizado, el tiempo requerido para dar la textura deseada a la pasta y el momento en el cual la pasta comienza a desintegrarse, en la investigación se evaluó la masticabilidad los resultados se presentan en Cuadro 08 y Figura 09 en ella podemos observar que entre los tratamientos no se encontró diferencia estadística (A-XIV) entre el control que fue 100%HT y los tratamientos de sustitución de harina de trigo por harina de plátano. Según los resultados solo se encontró diferencia numérica, el tratamiento T0 (100%HT%), T6 (45% HPG) y T2 (15% HPB) son los que tuvieron los mejores calificativos “blando” y el resto de los tratamientos recibieron un calificativo de “muy blando”. Según AGAMA – ACEVEDO (2009) indica que este atributo desempeña un papel esencial en la determinación de la aceptación final por el consumidor y es uno de los criterios predominantes para evaluar la calidad de la pasta. Para el mismo autor según sus datos concluye que la masticabilidad y elasticidad no cambió con la adición

de harina de plátano (15 a 45%), a pesar de un aumento apreciable de los valores de masticabilidad que se observó con la adición de harina de plátano.

Según HERNÁNDEZ (2006) menciona que en las pastas las características mecánicas están subdivididas en características mecánicas primarias y secundarias. Dentro de las características mecánicas primarias se encuentran la firmeza, elasticidad y pegajosidad, la firmeza y elasticidad son la respuesta al estrés a las cuales se someten las pastas, así mismo es la resistencia inicial que ofrece la pasta a la penetración cuando se muerde.

Cuadro 08. Resultado del calificativo de la evaluación sensorial de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón de dos variedades.

% Sustitución	Tratamientos	Atributos	
		Masticabilidad	Sabor
100% HT	T ₀	3,15	3.68
15% HPG	T ₁	2,72	3.46
30% HPG	T ₂	3,07	3.13
45% HPG	T ₃	2,88	2.93
15% HPB	T ₄	2,75	3.36
30% HPB	T ₅	2,83	3.13
45% HPB	T ₆	3,02	2.75

Sabor.

La evaluación sensorial es la última determinación que se realiza para estimar las propiedades sensoriales de los alimentos, es una prueba de mucha importancia debido a que es la valoración más cercana a la opinión del consumidor, el cual busca principalmente que la pasta sea firme, se sienta bien en la boca (no muy dura pero que no se desintegre inmediatamente en la boca), no sea pegajosa o chiclosa, con un buen aroma, color y apariencia. Según los resultados presentados en el Cuadro 08 y Figura 09 encontramos que no existe diferencia estadística significativa (A-XV) pero si diferencia numérica, teniendo el mayor promedio el T0 (100%HT). Los tratamientos que tuvieron 15% de sustitución de harina de plátano guayabo y bellaco tuvieron menor calificativo que el control (3,46 y 3,36) y con sustituciones de 45% los panelistas no detectaron diferencia estadística solo numérica dando un calificativo de "agradable".

Esta propiedad de los alimentos es muy compleja, ya que combina tres atributos olor, aroma, y gusto; según HERNÁNDEZ (2006) los resultados de la evaluación sensorial de fideos adicionado con 15% de almidón de plátano tuvo la mayor calificación de aceptabilidad por los consumidores y con adicionado con 20% de almidón de plátano presentaron la más baja calificación. AGAMA-ACEVEDO (2009) según sus resultados observó que los fideos preparados en el laboratorio (control y aquellos con harina de plátano en los diferentes niveles) no mostraron diferencia en la preferencia por los consumidores, estos resultados concuerdan.

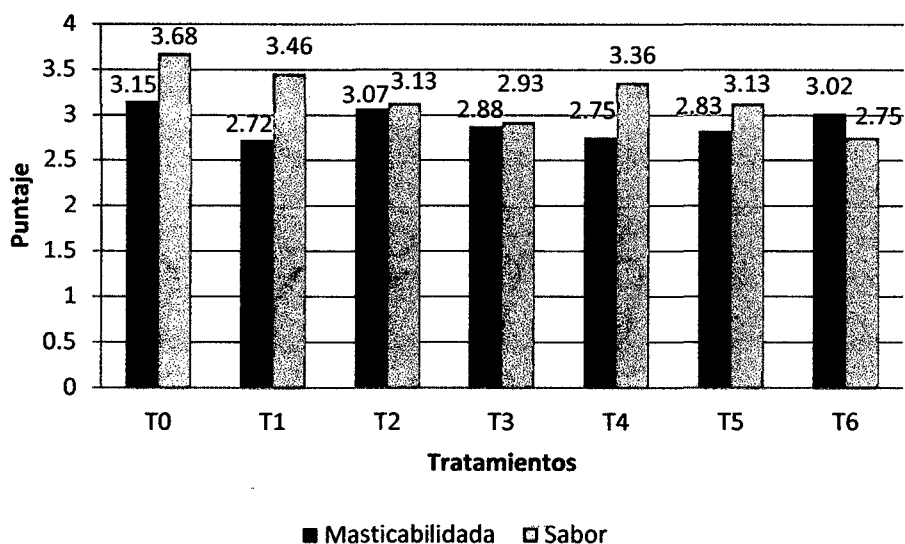


Figura 09. Evaluación sensorial de los fideos elaborados con sustitución parcial de harina de plátano de dos variedades.

Según el análisis de componentes principales (A-XVII) considerando los diferentes tratamientos para la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano podemos concluir que en el biplot de variables el primer componente (CP 1) separa el PPC de las demás variables, el cual representa 50,6% de la variabilidad total de los indicadores de calidad de los fideos (Figura 10). Así mismo, el color a^* de los fideos cocidos representa el 31,1% de la variabilidad de la segunda componente (CP 2) y en general ambos componentes representan el 81,7% de la variabilidad total. De los resultados podemos indicar que el PPC fue la evaluación que nos permitió predecir la calidad de cocción de los fideos ya que mediante esta se puede determinar en qué medida se incrementara los niveles de sustitución a la vez la pérdida que genera en la calidad. Al respecto TIBOONBUN *et al.* (2011) en su trabajo de fideos de arroz con sustitución de harina de plátano verde encontró

que las pérdidas por cocción incrementaron cuando el contenido de harina de plátano incrementó. OVANDO – MARTINEZ *et al.* (2009) indica que la adición de harinas sin gluten en la fabricación de fideos reportan una dilución de la fuerza del gluten de la semolina e interrumpen y debilitan la estructura total de los fideos; de este modo se permite la lixiviación de más sólidos de la pasta hacia el agua de cocción.

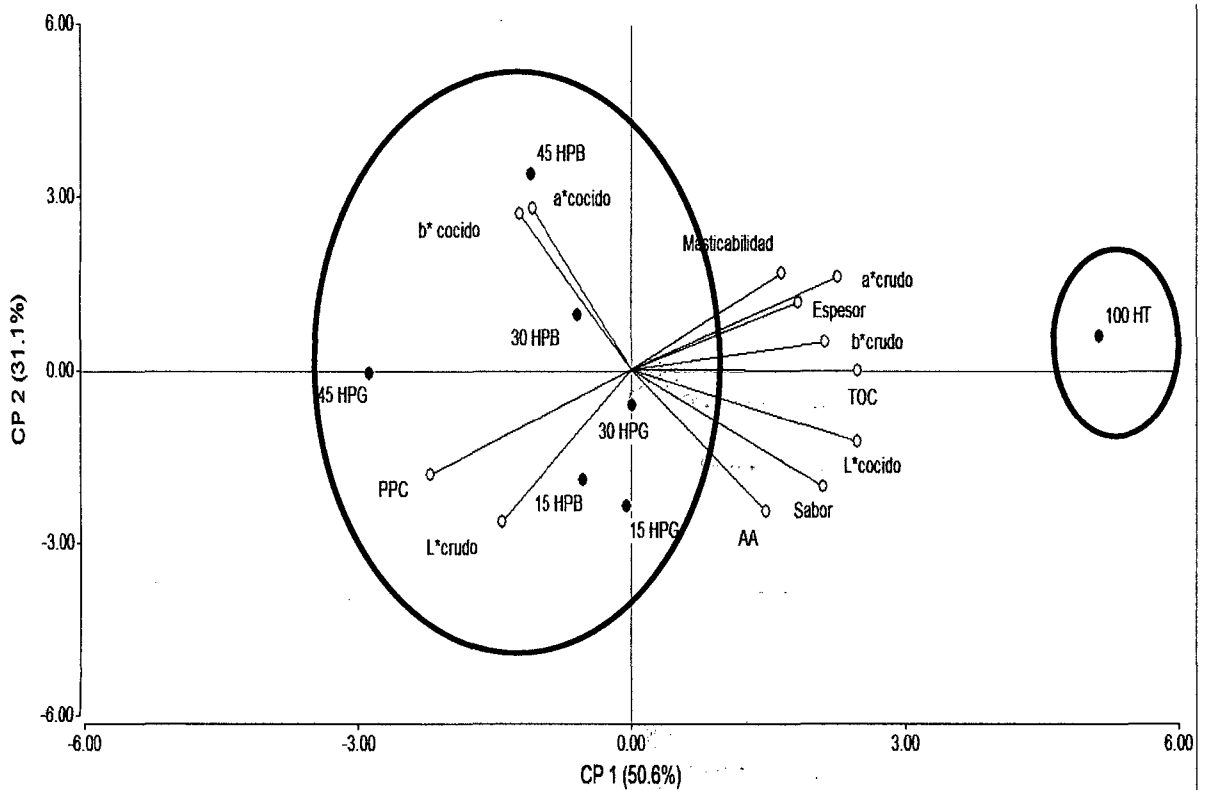


Figura 10. Biplot de componentes principales en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano.

El CP 2 fue representado por el a^* cocido cuya variabilidad representa un 31,1%, en la evaluación realizada se determinó que este parámetro muestra una mayor saturación hacia el croma verde con los menores niveles de sustitución y a medida que se incrementa este, el croma

verde disminuye hasta llegar a una pequeña saturación hacia el croma rojo. Del mismo modo TIBOONBUN *et al.* (2011) muestra una tendencia similar con el parámetro a^* en fideos de arroz con sustitución de harina de plátano verde ya que a mayores niveles de sustitución la tendencia fue incrementar su saturación hacia el croma rojo. En general, la sustitución de la sémola por cualquier otro ingrediente tiene un efecto negativo sobre el color de las pastas (GRANITO *et al.*, 2003).

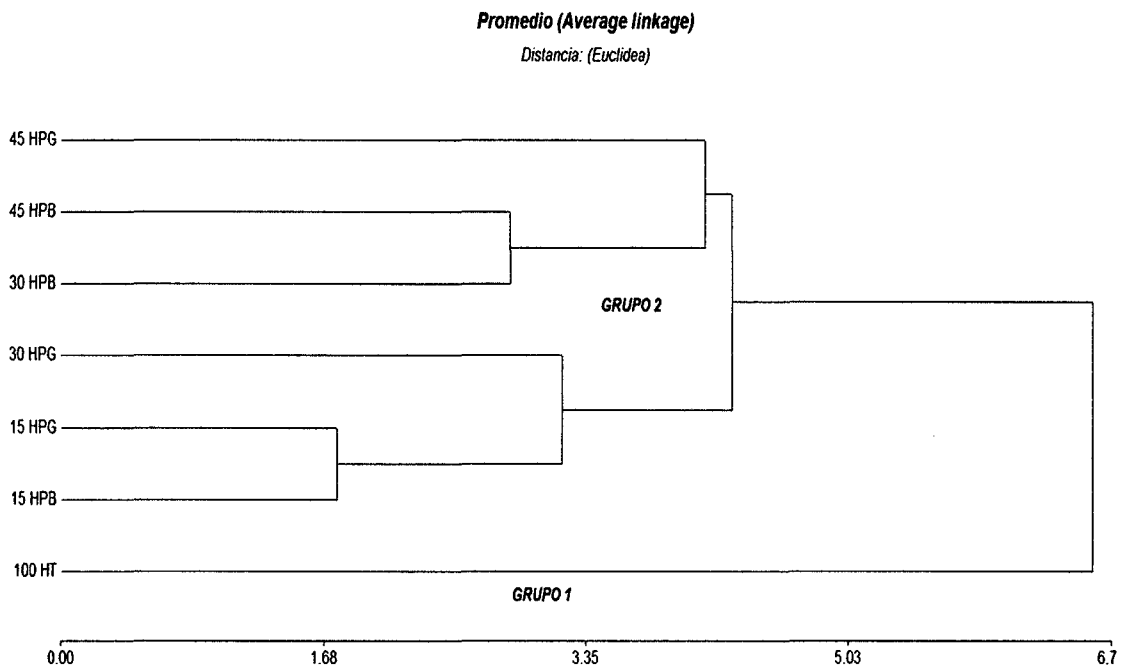


Figura 11. Análisis de conglomerados en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano.

Según el análisis de conglomerados (Figura 11) de los tratamientos evaluados podemos diferenciar dos grupos; el grupo 1 representa el 14,3% (T0:100%HT) y el grupo 2 representó el 85,7% (6 tratamientos) el cual está

conformado por los siguientes niveles de sustitución 15% HPG, 30% HPG, 45% HPG, 15% HPB, 30% HPB y 45% HPB.

El grupo 1 que fue conformado por el tratamiento control tuvo un comportamiento en cuanto a tiempo óptimo de cocción, pérdida por cocción, absorción de agua, espesor, color y parámetros sensoriales (masticabilidad y sabor) diferente a los tratamientos del grupo 2 los cuales fueron aquellos que tuvieron los niveles de sustitución, sobre estos resultados GRANITO *et al* (2003) indica que el trigo es el cereal más adecuado para la elaboración de la pasta, su proteínas tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como los lípidos para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas (glúten) que contribuyen al desarrollo de la masa y previenen la disgregación de la pasta durante la cocción en agua caliente. MAJZOOBI *et al*. (2011) reporta que generalmente la pasta de mejor calidad es producto de la semolina (harina de trigo duro) porque esta posee bajas pérdidas de cocción, estructura firme, reducida adhesividad y color amarillo oscuro.

El segundo grupo conformado por los fideos con niveles de sustitución son diferentes al control, en el mercado se ofrecen fideos con sustitución de otros componentes como arroz, quinua, frijoles, maíz, yuca, alfalfa y otros que son producidos dentro de cada región. La ubicación geográfica nuestra es propicia para el crecimiento de diferentes variedades de plátano en tal sentido se busca hasta qué grado se puede realizar la sustitución sin afectar la calidad de los fideos. El plátano verde es producido en muchos países de Latinoamérica son una fuente de carbohidratos y son nutricionalmente interesantes por sus componentes bioactivos (OVANDO-

MARTINEZ, 2009), además a nivel de poscosecha al momento de realizarse la clasificación existe una pérdida de aquellos que no alcanzan la calidad comercial.

De las evaluaciones realizadas tanto la caracterización fisicoquímica de las harinas, el tiempo óptimo de cocción, absorción de agua, pérdidas por cocción, espesor y evaluación sensorial se concluye como mejores tratamientos a los niveles de sustitución de 15 % de harina de plátano de ambas variedades. Por ello la caracterización de la propiedad funcional, es decir la cuantificación de polifenoles se realizará a aquellos tratamientos (T1: 15%HPG y T4: 15%HPB).

4.3. Evaluación de polifenoles totales.

La evaluación de polifenoles totales de los fideos se realizó a los tratamientos T1 (15%HPG) y T4 (15%HPB).

4.3.1. Curva patrón de ácido gálico.

Para la cuantificación de polifenoles en las muestras de fideos fue necesario elaborar una curva estándar cuyos resultados se presentan en el Cuadro 09 y Figura 12.

Se obtuvo un modelo matemático que sirvió de base para la cuantificación de polifenoles totales en las muestras de fideos y el valor R fue 0,999; lo que significa según MURRAY (1969) que existe un buen grado de correlación entre las variables X (concentración de ácido gálico) y la variable Y (absorbancia), debido a que se halla una relación proporcional entre las variables.

Cuadro 09. Concentraciones de ácido gálico para la curva estándar.

Repeticiones	Concentraciones (mg/ml)				
	1	0,5	0,25	0,125	0,0625
1	0,976	0,525	0,256	0,122	0,045
2	0,995	0,523	0,244	0,120	0,049
3	1,099	0,552	0,243	0,123	0,052
Promedio	1,023	0,533	0,248	0,122	0,049

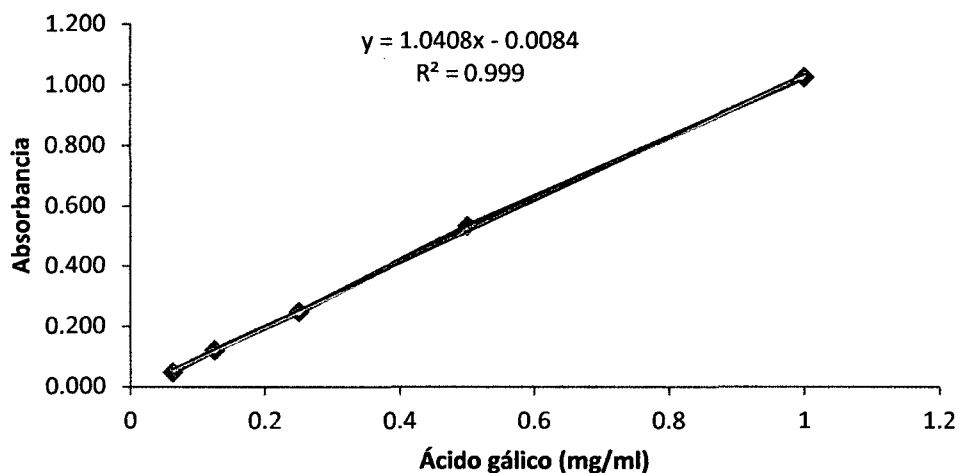


Figura 12. Curva patrón de Ácido gálico.

Así mismo HERNÁNDEZ *et al.* (2001), mencionan que tales correlaciones se expresan en hipótesis sometidas a pruebas. El mismo autor sostiene que la utilidad y el propósito principal de las correlaciones cuantitativas son saber cómo se puede comportar un concepto a una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas.

4.3.2. Cuantificación de polifenoles totales.

Los polifenoles son los antioxidantes más abundantes en nuestra dieta, cuyo interés científico ha aumentado porque previenen enfermedades relacionadas con la edad, incluyendo enfermedades cardiovasculares y cáncer. Se ha reportado que el consumo de cereales aporta muy poca cantidad de polifenoles, ya que estos se pierden durante la refinación, esto explica que la adición de harina de plátano incrementa el contenido de compuestos polifenólicos en los fideos.

En la caracterización de la propiedad funcional de los fideos con sustitución parcial de harina de plátano en los mejores tratamientos podemos observar que no existe diferencia estadísticamente significativa (A-XIX) entre los tratamientos, teniendo un contenido de polifenoles totales (Figura 13) para T4 (15%HPB) de 16,276 mg EAG/100g. y T1 (15%HPB) posee 16,161 mg EAG/100g. los valores son similares para las dos variedades de plátano.

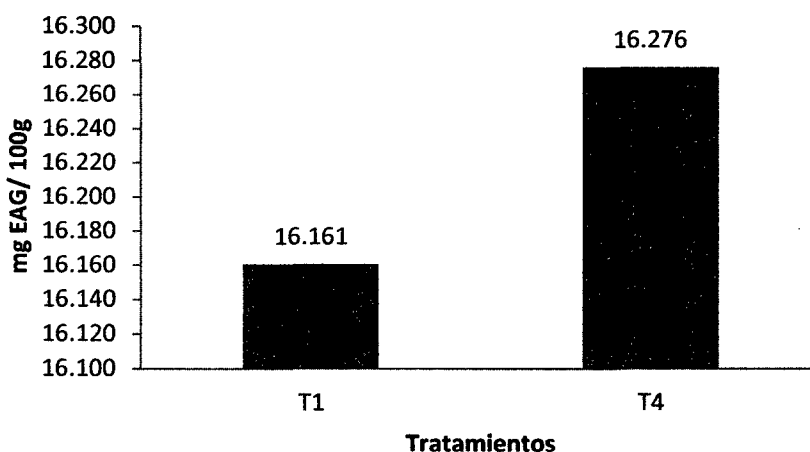


Figura 13. Contenido de polifenoles en los tratamientos.

ISLAS-HERNÁNDEZ (2007) en su investigación sobre polifenoles solubles en harina de plátano y en un polvo rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano encontró que los valores fueron de 201 y 209 mg EAG/100 g. respectivamente. Por otro lado, OVANDO (2008) menciona que el plátano aunque no tiene una alta cantidad de polifenoles, es un potente antioxidante secundario que contiene componentes activos los cuales suprimen la formación de radicales libres y protegen a las células contra el daño oxidativo.

En investigaciones similares sobre el contenido de polifenoles totales se encontraron valores de 254, 72 y 309 mg EAG/100 g. en frijol negro, garbanzo y lenteja respectivamente (SILVA, 2007). También se realizó el estudio en fibra dietaria de manzana obteniéndose 300mg ácido gálico/100g (Larrauri *et al.*, 1996 mencionado por ISLAS-HERNANDEZ, 2007). Todos estos valores son superiores a los hallados en los fideos con sustitución de harina de plátano.

V. CONCLUSIONES

- La caracterización fisicoquímica de las harinas de plátano verde de las variedades guayabo y bellaco fueron diferentes en cuanto a humedad, proteína y carbohidratos.
- Según los parámetros físicos y sensoriales como tiempo óptimo de cocción, pérdidas por cocción, absorción de agua, espesor, color, masticabilidad y sabor, el mejor nivel de sustitución con harina de plátano guayabo y bellaco fue 15%.
- La cuantificación de polifenoles totales en fideos elaborados con 15% harina de plátano sazón de las variedades Guayabo y Bellaco fue 16,161 y 16,276 mg EAG/100g respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se puede utilizar una sustitución de 15% de harina de plátano sazón para elaborar fideos sin afectar la calidad del producto.
- Realizar estudios de sustitución para la elaboración de fideos utilizando harinas compuestas (frijol, maíz, arroz, yuca y otros).
- Los polifenoles están muy asociados a la fibra dietética presente en frutos como el plátano por ello se recomienda hacer una investigación sobre la determinación de fibra dietética en estos.
- Evaluar las propiedades viscoelásticas en los fideos elaborados con sustitución de harina de plátano.
- Realizar estudios sobre la vida útil de los fideos con sustitución de harina de plátano.

VII. ABSTRACT

“Unripe banana flour of two varieties as a functional ingredient for partial substitution in the manufacture of noodles”

This research allowed us to know the cooking quality of noodles made from banana flour. We characterized unripe banana flours of two varieties, we determined the appropriate substitution for making noodles with banana flour and we quantified polyphenols totals of noodles with partial substitution. Statistical analysis was performed using a randomized complete design (DCA), we used the Tukey test ($p < 0.05$) and to discuss treatments the way jointly was performed multivariate analysis of principal component using InfoStat statistical software version 2011. The physicochemical characterization of banana flour was different in terms of moisture, protein and carbohydrates. According to the physical and sensory parameters of the noodles the highest values presented were: optimum cooking time with 100% WF was 29 min, cooking losses with 45% GBF was 10.14%, water absorption with 15% GBF was 264 , 69%, thickness with 100% WF was 0.24 cm, raw noodles color L* coordinate with 45% GBF was 76.71, a* coordinate with 100% WF was 1.96 and b* coordinate with 100% WF was 22.49; cooked noodles color coordinate L* with 100% WF was 63.1, a* coordinate with 45% BBF was -0.41 and b* coordinate with 45% BBF was 14.59; chewiness with 100% WF obtained adjective "soft" with value of 3.15 and flavored with 100% WF obtained

adjective "nice" with value of 3.68. Quantification of total polyphenols was performed in noodles made with 15% Bellaco and Guayabo banana flour obtaining values of 16.161 and 16.276 mg EAG/100g. respectively.

Key words: Unripe banana, baking, noodles, flour, proteins, polyphenols.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAMA – ACEVEDO, J., ISLAS – HERNÁNDEZ, P., OSORIO – DÍAZ, R.,
RENDÓN – VILLALOBOS, R., UTRILLA .COELLO, O., BELLO – PÉREZ,
L. 2009.Pasta with Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and
Preference Study. *Journal of Food Science*. 74 (6): 263-267.
- AGUIRRE-CRUZ, A., BELLO-PEREZ L., GONZALEZ –SOTO, R., ALVAREZ-
CASTILLO, A. 2007. Modificación química del almidón presente en la
harina de plátano macho (*Musa Paradisiaca L.*) y su efecto en el
contenido de fibra dietética. Universidad de Guanajuato. México. p.60 –
70 .
- ANTOGNELLI, C. 1980.The manufacture and applications of pasta as a food
ingredient: a review. *Journal Food Technology*. 15:121-145.
- AMBRIZ, M., GUZMAN, A., BAUTISTA, J.,GARCIA, D., VAZQUEZ, G.,
RODRIGUEZ, M., MORENO, R. 2007. Producción y Caracterización
Físico-química de Harinas de Bananos FHIA-17, FHIA-23 y Plátano
FHIA-20, para su incorporación en panificación. Facultad de Ciencias
Químicas, Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas
UANL, Instituto de Ciencias Agrícolas U de Guanajuato.
- ARAI, S. 1996. Studies on functional foods in Japan- State of the
Art.*BiosciBiotechnolBiochem*. 60(1):9-15.

- BADUI, S. 1999. Química de los Alimentos. Longman/Alhambra. México. 648p.
- BERNAL, I. 1994. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Santa Fé de Bogotá D.C. Colombia.
- ESCOBAR, B., ESTÉVES, A., FUENTES, C., VENEGAS, D. 2009. Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopischilensis* (Mol) Stuntz) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Santiago – Chile. 59(2):191–198.
- CHACON, A. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo “crotin de chavignol”. Agronomía mesoamericana. 20(2): 297 – 309.
- CHÁVEZ, M. HERNÁNDEZ, M. ROLDAN, J. 1992. Tablas de uso práctico del valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Comisión Nacional de Alimentación del Instituto Nacional de Nutrición. DF, México, Continental S.A. 78 p.
- CHAU, C., WUANG, Y. 2003. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. J. Agric. FoodChem. 51: 2615 – 2618.
- COCHRAN, G., COX, M. 1991. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México D. F. p. 482 – 524.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1995. Norma general para las pastas. [En línea]: codex alimentarius(<http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/index.html?lang=es>. Documento, 20 de jun. 2011).

- COLE, M. 1991. Review: prediction and measurement of pasta quality. *International Journal of Food Science and Technology*. 26: 133-151.
- Da MOTA, R., LAJOLO, F., CIACCO, C., CORDENUNSI, B. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch/Stärke*, 52:63-68.
- DEBBOUZ, A. DOETKOTT, C. 1996. Effect of process variables on spaghetti quality. *Cereal Chem.* 73:672-676.
- DENDY, D. DOBRASZCZYK, B. 2001. *Cereales y Productos Derivados. Química y Tecnología*. Zaragoza, España, Acribia S.A. p 17, 312-316, 326, 423, 426.
- EDWARDS, N., IZYDORCZYK, M., DEXTER, J. 1993. Cooked pasta texture: Comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. *Cereal Chem.* 70: 122-126.
- ELÍAS, L. 1996. Concepto y Tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala C.A. 121(2): 179 – 182.
- FAO y WHO. 2007. Base de datos en línea de la norma general del Codex para los aditivos alimentarios (GSFA). [En línea]: [codexalimentarius \(http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/index.html?lang=es,](http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/index.html?lang=es) Documento, 20 de jun. 2011).
- FEILLET, P., DEXTER, J. 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. *American Association of Cereal Chemist*. St. Paul, MN. p. 95-131.

- GALLARDO, Y., LÓPEZ, R., MENDOZA, M. 2007. Elaboración de una pasta adicionada con alfalfa (*Medicago sativa*). Investigación de Alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México, D.F. 8 p.
- GIESE, J. 1992. Pasta: new twist on an old product. *FoodTechnology*. 46:118-126
- GÓMEZ, E., GUERRA, M., ARIAS, J., MUJICA, D., GUERRERO, F. 2011. Elaboración de una pasta compuesta utilizando sémola e hidrolizado de germen desgrasado de maíz (*Zea mays L.*). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(1): 073-084. 12 p.
- GRANITO, M. TORRES, A. GUERRA, M. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. 28 (7): 372 -379.
- HERNÁNDEZ, R. 2006. Elaboración de espagueti adicionado con almidón de plátano: caracterización física, química, nutricional y de calidad. Tesis maestría. Morelos, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. p. 7 – 9, 15 – 16, 31.
- HERNÁNDEZ-NAVA, R., BERRIOS, J., PAN, J., OSORIO-DÍAZ, P., BELLO-PÉREZ, L. 2009. Development and characterization of spaghetti with high resistant starch content supplemented with banana starch. *Food Sci Tech Int*. 15:73–8.
- HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C., BAPTISTA, L. 2001. Metodología de la investigación. México, Edit. McGraw-Hill Interamericana de editores, S.A. 503 p.

- HOSENEY, R. 1991. Principios de Ciencia y Tecnología de Cereales. Zaragoza, España, Acribia S.A. p. 21, 25, 148, 269-271.
- HUNTERLAB. 2001. Principios básicos de medida y percepción del color. Versión 1.2. [En línea]: hunterlab. (www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf, documento revisado el 23 de octubre del 2011).
- INGA, R. 2003. Determinación del momento de la cosecha de plátano variedad guayabo (musa balbisiana) en Tingo María. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 15 – 17.
- ISLAS-HERNÁNDEZ, J., RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S., AGAMA-ACEVEDO, E., PACHECO-VARGAS, G., BELLO-PÉREZ, L. 2007. Evaluación de algunas propiedades químicas de un polvo rico en fibra preparado a partir de harina integral de plátano. Universidad de Guanajuato. México. p.115 – 121.
- JUAREZ-GARCÍA, E., AGAMA-ACEVEDO, E., SÁYAGO.AYERDI, S., RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S., BELLO-PÉREZ, L. 2006. Composition, digestibility and application in breamaking of banana flour. *Plants Foods for Human Nutrition*.61: 131-137.
- KILL, R., TURNBULL, K. 2004. Tecnología de la elaboración de pasta y sémola. Zaragoza, España, Acribia, S.A. 85 p.
- KIRA, R., SAWYER, R., EGAN, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Parson. 2 ed. D.F., México, Continental S.A. 135 p.

- MAJZOBI, M., OSTOVAN, R., FARAHNAKY, A. 2011. Effects of Hydroxypropyl cellulose on the quality of wheat flour spaghetti. *Journal of texture studies* 42: 20-30.
- MANTHEY, F., SCHORNO, A. 2002. Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*. 79:504-510
- MANTHEY, F. YALLA, S. DICK, T. BADARUDDIN, M. 2004. Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing buckwheat bran flour. *Cereal Chemistry*, 81: 232-236.
- MATSUO, R., MALCOLMSON, L., EDWARDS, N., DEXTER, J. 1993. A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses. *Cereal Chem.* 69: 27-29.
- NAVIA, J., LOPEZ, H., CIMADEVILLA, M., FERNANDEZ, E., VALIENTE, A., CLEMENT, I. 1995. Nutrient composition of Cuban foods. I. Foods of vegetable origin. *Food Research*. 20:97-113.
- McNEIL, M.; DARVILL, A.; FRY, S.; ALBERSHEIM, P. 1984. Structure and function of the primary cell walls of plants. *Annual Review of Biochemistry*, 53: 625-663.
- MURRAY, R. 1969. *Estadística. Teoría y 875 problemas resueltos*. Colombia. Edit. McGraw-Hill de México. 241 p.
- OVANDO, M. 2008. Pasta adicionada con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis maestría. Morelos, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. p. 3, 33, 34.

- OVANDO-MARTINEZ, M., SÁYAGO-AYERDI, S., AGAMA-ACEVEDO, E., GOÑI, I., BELLO-PÉREZ, L. 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*. 113: 121–126.
- PACHECO, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro del almidón. *Acta Cien. Ven.* 52: 278-282.
- PACHECO, E., PÉREZ, R., SCHNELL, M. 2004. Evaluación nutricional y sensorial de polvos para bebidas a base de papaya, plátano verde y salvado de arroz. Índice glucémico. *Interciencia*. 29: 46.51.
- PATZI, J. 2007. Determinación de Tiamina y Riboflavina en harinas de trigo, de soya y harina de plátano por el método Fluorométrico. Tesina para licenciatura en Bioquímica – Farmacia. La Paz, Bolivia. Facultad de ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés. 81 p.
- PELISSARI, F.; ANDRADE, M.; DO AMARAL, P.; MENEGALLI, F. 2010. Propiedades mecánicas de biopelículas de harina de plátano: resultados preliminares. *Agrobioenvases*. 1 p.
- PETIOT, M., BOYWER, L., MINIER, C., MICARD, V. 2010. Fortificación de una pasta con harina de guisantes y habas: Procesamiento de la pasta y evaluación de la calidad. *Food Research Internacional*. 43: 634-641.
- RAGHAVENDRA, S., RAMACHANDRA, S., RASGOTI, N., RAGHAVARAO, K. KUMAR, S., THARANATHAN, R. 2006. Grinding characteristics and

- hydration properties of conut residue: A source of dietary fiber. *J. FoodEng.* 72: 677 – 685.
- RAMÍREZ, A. y PACHEDO De DELAHAYE, E. 2009. Propiedades funcionales de harinas ricas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *INTERCIENCIA.* 34 (4): 293 – 298.
- RAYAS-DUARTE, P. MOCK, C. SATTERLEE, L. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. *Cereal Chemist* 73:381–387.
- SAIFULLAH, R., ABBAS, F., YEOH, S.-Y., AZHAR, M. 2009. Utilization of green banana flour as a functional ingredient in yellow noodle. *International Food Research Journal.* 16: 373-379.
- SALINAS, R. 1993. Alimentos y nutrición bromatológica aplicada a la salud. 2 ed. Buenos Aires, Argentina, El Ateneo. 325 p.
- SCALBERT, A., WILLIAMSON, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition.* 130: 2037-2085.
- SCHNITZLER, J.; MADLUNG, J.; ROSE, A.; SEITZ, H. 1992. Biosynthesis of p-hydroxybenzoic acid in elicitor-treated carrot cell cultures. *Planta,* 188: 594-600.
- SILVA, L. 2007. Estudio de la digestibilidad de carbohidratos y capacidad antioxidante de leguminosas de mayor consumo en México. Tesis para maestría. Instituto politécnico nacional. Centro de desarrollo de productos probióticos. Morelos – México.
- SOTO, A. 2010. Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa Cavendishii*) y de banana verde (*Musa*

- Paradisiaca). Revista boliviana de química. Cochabamba – Bolivia. 27(2): 94 – 99.
- TIBOONBUN, W., SUNGSRI – IN, M., MOONGNGARM, A. 2011. Effect of replacement of unripe banana flour for rice flour on physical properties and resistant starch content of rice noodle. World Academy of Science, Engineering and Technology, 81: 608 – 611.
- TOBIN, G. MULLER, H. 1998. Nutrición y ciencia de los alimentos. 1 ed. Zaragoza, España, Acribia, S. A. 238 p.
- TUDORICA, C., KURI, V., BRENNAN, C. 2002. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 347-356.
- VÁSQUEZ, G. SALAZAR, C. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del Plátano. Gobierno del estado de Colima. [En línea]: seder. (<http://seder.col.gob.mx/paquetes/PLATANO.pdf>, documento revisado el 16 de Junio del 2010).
- VASILIU, M., NAVAS, P. 2009. Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín (*Allium fi stulosum* L.). Universidad de Oriente. Venezuela. 21(1): 70-76.
- VERGARA-VALENCIA, N., GRANADOS-PÉREZ, E., AGAMA-ACEVEDO, E., TOVAR, J., RUALES, J., BELLO-PÉREZ, L. 2006. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. Food Science and Technology. 40: 722 – 729.

WANG, J., KINSELLA, J. 1976. Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. *Journal of food science*. 41: 286 – 292.

ZARAGOZA, M., PÉREZ, R., NAVARRO, Y. 2001. Propiedades funcionales y metodología para la evaluación en la fibra dietética. En: *Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicaciones en alimentos*. 14: 195-209.

IX. ANEXOS

A-I. Formulación usada en la elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de plátano sazón.

Ingredientes	Testigo	15%	30%	45%
Harina de trigo (g)	250	212,5	175	137,5
Harina de plátano ¹ (g)	0	37,5	75	112,5
Huevo batido (ml)	29	29	29	29
Agua (ml)	75	75	90	95

¹Variable de análisis harina de plátano verde de dos variedades (Guayabo y Bellaco).

A-II. Modelo de cartilla para determinar el porcentaje óptimo para la sustitución de fideos con harina de plátano sazón de dos variedades.

NOMBRE.....

FECHA y HORA..... MUESTRA.....

Evaluar marcando con una X, según la escala que crea conveniente.

MASTICABILIDAD

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS			
Muy firme				
Firme				
Blando				
Muy blando				
Dura				

SABOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS			
Muy agradable				
Agradable				
Poco agradable				
No agradable				

Observaciones:.....

A-III. Distribución de las muestras para la evaluación sensorial por los panelistas con 7 tratamientos.

PANELISTAS	TRATAMIENTOS						
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	X	X					
2		X				X	
3			X	X			
4				X			X
5	X				X		
6					X	X	
7			X				X
8	X		X				
9		X		X			
10			X		X		
11				X		X	
12					X		X
13	X					X	
14		X					X
15	X			X			
16		X	X				
17			X			X	
18				X	X		
19		X			X		
20						X	X
21	X						X

t=9 k=2 r=6 b=21 λ=1 E=0.58

A-IV. Análisis de varianza del parámetro físico tiempo óptimo de cocción en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	978,54	163,10	570,83	0,0001
Error	14	4,00	0,29		
R ² =0,9959		CV=4,067	MSE=0,5345	Media= 13,14	

A-V. Análisis de varianza del parámetro físico pérdidas por cocción en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	23,1804	3,8633	16226,25	0,0001
Error	14	0,0033	0,0002		
R ² =0,9998		CV=0,1697	MSE=0,0154	Media= 9,09	

A-VI. Análisis de varianza del parámetro físico absorción de agua en la determinación del porcentaje óptimo para la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	15091,86	2515,3107	99999,99	0,0001
Error	14	0,0119	0,0009		
R ² =0,9999		CV=0,0124	MSE=0,0292	Media= 235,02	

A-VII. Análisis de varianza del parámetro físico espesor en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	0,0412	0,0070	69,97	0,0001
Error	14	0,0014	0,0001		
R ² =0,9677		CV=7,0946	MSE=0,0100	Media= 0,14	

A-VIII. Análisis de varianza del parámetro físico Color L* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	234,3680	39,0613	172,71	0,0001
Error	14	3,1663	0,2262		
R ² =0,9867		CV=0,6615	MSE=0,4756	Media= 71,89	

A-IX. Análisis de varianza del parámetro físico Color a* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	5,7247	0,9541	493,50	0,0001
Error	14	0,0271	0,0019		
R ² =0,9953		CV=5,2643	MSE=0,0440	Media= 0,84	

A-X. Análisis de varianza del parámetro físico Color b* en fideos crudos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	29,6413	4,9102	314,95	0,0001
Error	14	0,2196	0,0157		
R ² =0,9926		CV=0,6003	MSE=0,1252	Media= 20,86	

A-XI. Análisis de varianza del parámetro físico Color L* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	517,7305	82,288	289,11	0,0001
Error	14	4,178	0,2985		
R ² =0,9919		CV=1,0274	MSE=0,5463	Media= 53,17	

A-XII. Análisis de varianza del parámetro físico Color a* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	16,2227	2,7038	707,09	0,0001
Error	14	0,0535	0,0038		
R ² =0,9967		CV=-4,2548	MSE=0,0618	Media= -1,45	

A-XIII. Análisis de varianza del parámetro físico Color b* en fideos cocidos en la determinación del porcentaje óptimo en la sustitución de fideos.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	6	194,2294	32,3716	1714,94	0,0001
Error	14	0,02643	0,0189		
R ² =0,9986		CV=-1,4141	MSE=0,1374	Media= 9,72	

A-XIV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo masticabilidad de los fideos con sustitución parcial con harina de plátano sazón de dos variedades.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Grupos	5	4,98		0,30	
Tratamientos no ajustados	6	1,62			
Bloque ajustado	15	11,74	0,78		
Error intrabloque	15	9,79	0,65		
Total	41	28,12			
F tab. (15,15, 5%) = 2,41		F tab. (15,15, 1%) = 3,44			

A-XV. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del atributo sabor de los fideos con sustitución parcial con harina de plátano sazón de dos variedades.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Grupos	5	2,12		2,92	*
Tratamientos no ajustados	6	4,95			
Bloque ajustado	15	5,40	0,36		
Error intrabloque	15	3,64	0,24		
Total	41	16.12			

$F_{\text{tab.}} (15,15,5\%) = 2,41$
 $F_{\text{tab.}} (15,15,1\%) = 3,44$

A-XVI. Autovalores del análisis multivariado.

Lambda	Valor	Proporción	PropAcum
1	6,08	0,51	0,51
2	3,74	0,31	0,82
3	1,22	0,10	0,92
4	0,60	0,05	0,97
5	0,24	0,02	0,99
6	0,12	0,01	1,00
7	0,00	0,00	1,00
8	0,00	0,00	1,00
9	0,00	0,00	1,00
10	0,00	0,00	1,00
11	0,00	0,00	1,00
12	0,00	0,00	1,00

A-XVII. Autovectores del análisis multivariado.

Variables	E1	E2
TOC	0,37	$-8,2 \cdot 10^{-4}$
PPC	-0,33	-0,27
AA	0,22	-0,37
L* cocido	0,37	-0,19
a* cocido	-0,16	0,42
b* cocido	-0,19	0,41
L* crudo	-0,21	-0,40
a* crudo	0,34	0,24
b* crudo	0,32	0,07
Espesor	0,28	0,18
Masticabilidad	0,25	0,25
Sabor	0,32	-0,30

A-XVIII. Correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
TOC	0,92	-1,6*10 ⁻³
PPC	-0,82	-0,53
AA	0,55	-0,71
L* cocido	0,92	-0,36
a* cocido	-0,40	0,82
b* cocido	-0,46	0,79
L* crudo	-0,53	-0,76
a* crudo	0,84	0,47
b* crudo	0,79	0,14
Espesor	0,68	0,34
Masticabilidad	0,61	0,49
Sabor	0,78	-0,59

A-XIX. Análisis de varianza de la caracterización de la propiedad funcional mediante la cuantificación de polifenoles.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento error	1	0,03317760		0,04	0,8445
Error	8	6,47006000			
R ² =0.005102		CV=5.545063	MSE=	Media= 16.2182000	