

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE PLÁTANO VERDE (*Musa paradisiaca*)
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE CUATRO FORMULACIONES
PARA EMPANIZADOR DE POLLO**

POR:

CASTRO ALVARADO, CELINA MARGARITA

RIVERA ARÉVALO, DANIEL ENRIQUE

VELÁSQUEZ HERRERA, JOSUÉ ELISEO

SAN SALVADOR, JULIO 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE PLÁTANO VERDE (*Musa paradisiaca*)
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE CUATRO FORMULACIONES
PARA EMPANIZADOR DE POLLO**

POR:

**CASTRO ALVARADO, CELINA MARGARITA
RIVERA ARÉVALO, DANIEL ENRIQUE
VELÁSQUEZ HERRERA, JOSUÉ ELISEO**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO(A) AGROINDUSTRIAL**

SAN SALVADOR, JULIO 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Lic. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

Lic. CRISTOBAL HERNÁN RIOS BENÍTEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Ing. Agr. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

Ing. Agr. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA:

Ing. Agr. M.Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

DOCENTES DIRECTORES

Ing. Agr. M.Sc. SIGFREDO RAMOS CORTEZ

Ing. Agr. FLOR DE MARÍA LÓPEZ HERNÁNDEZ

Ing. Agr. M.Sc. MIGUEL RAFAEL PANIAGUA CIENFUEGOS

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

RESUMEN

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, durante el periodo de junio de 2015 a noviembre de 2016. El trabajo consistió, en evaluar la sustitución de la harina de trigo por harina de plátano en la elaboración de formulaciones de empanizadores para pollo. Para la elaboración de la harina, se utilizó plátano en estado de madurez tres, el cual fue previamente deshidratado en estufa de aire forzado y luego molido. Posteriormente, se prepararon las cuatro formulaciones con porcentajes de sustitución de 25%, 50%, 75% y 100% de harina de plátano, junto con el testigo de 100% de harina de trigo. Obtenidas las formulaciones, se sometieron a un análisis bromatológico, siendo los carbohidratos y la fibra cruda los componentes más abundantes por el aporte de la harina de plátano.

Finalmente, se ejecutó el análisis organoléptico de las formulaciones, mediante un panel conformado por personas de diferentes edades y sexo. Se empleó una prueba hedónica de cinco puntos para la evaluación de los atributos y una prueba de preferencia por ordenamiento para determinar la formulación más preferida. Los resultados obtenidos en la prueba hedónica fueron analizados mediante correspondencia simple para observar la presencia de patrones generales de asociación entre los niveles de preferencia y las características sensoriales de cada formulación. Asimismo, la determinación de diferencias en la preferencia de las formulaciones del empanizador para cada característica evaluada, fue llevada a cabo mediante modelos lineales generalizados mixtos con distribución acumulativa. El ordenamiento por preferencia de las formulaciones de empanizadores por parte de los evaluadores fueron analizados mediante la prueba de suma de rangos de Friedman. En cuanto a los resultados, estadísticamente no existieron diferencias significativas entre las preferencias de los atributos de olor, sabor y textura. Sin embargo, el color ($LR \chi^2_4 = 13.3715$, $P = 0.0095$) para el testigo fue el único que presentó diferencias significativas en cuanto a su preferencia. Al analizar la prueba de preferencia por ordenamiento, no se encuentra diferencia entre las distintas formulaciones de empanizador ($X^2 = 1.7222$, $gl = 4$, $P = 0.7812$). Desde el punto de vista económico, el testigo es más rentable. Sin embargo, es el que presenta menor rendimiento de ganancia de peso.

Palabras claves: Harina de plátano, prueba hedónica de cinco puntos, prueba de preferencia por ordenamiento, olor, color, sabor, textura, diferencia significativa.

ABSTRACT

The research took place at the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, during the period from June 2015 to November 2016. The work consisted, in the evaluation of the substitution of wheat flour for plantain meal in the preparation of formulations of chicken breeding. For the preparation of the flour, the plantains were used in state of maturity three, which was previously dehydrated in a forced air oven and then ground. Subsequently, the four formulations were prepared with percentages of 25%, 50%, 75% and 100% substitution of flour plantain, together with the control treatment. After, the formulations were obtained they were submitted to a bromatological analysis. Being the carbohydrates and the crude fiber the most abundant components by the contribution of the flour plantain.

Finally, the organoleptic analysis of the formulations was executed, through a panel formed by people of different ages. A five-point hedonic test was used for attribute assessment and a preference sorting test to determine the most preferred formulation. The results obtained in the hedonic test were analyzed by simple correspondence to observe the presence of general patterns of association between the levels of preference and the sensorial characteristics of each formulation. Likewise, the determination of differences in the preference of the formulator formulations for each evaluated characteristic was carried out by generalized linear models mixed with cumulative distribution. The ordering by preference of the formulations of breeding by the evaluators were analyzed by the sum of ranges of Friedman. Regarding the results, there were statistically no significant differences between the preferences of the attributes of smell, flavor and texture. However, the color ($LR \chi_4^2 = 13.3715$, $P = 0.0095$) for the control treatment was the only one that showed significant differences in its preference. When analyzing the order preference test, no difference was found between the different formulations ($X^2 = 1.7222$, $gl = 4$, $P = 0.7812$).

Key words: bread maker, evaluation, plantain flour, organoleptic tests, formulations, panelists, analysis.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre, Celina de Castro, por su entrega, apoyo, confianza, sacrificio y amor incondicional a lo largo de mi vida. Por inculcarme el valor del trabajo duro y dar más cada día como ser humano y profesional. A mi padre, Sabas Castro, por su apoyo, confianza, amor, sacrificio y entrega incondicional. Por ser mi ejemplo e inculcarme el amor a la ciencia. A mis hermanos, Hugo y Sabas por su apoyo a lo largo de los años.

A mis tutores, Ing. Flor López, Ing. Miguel Paniagua e Ing. Sigfredo Ramos, por su apoyo y colaboración a lo largo del proyecto. De igual manera, a cada uno de catedráticos que contribuyeron en mi formación como profesional.

A Grupo Roble, por apoyarnos en la realización de la prueba organoléptica en las instalaciones de su prestigioso Centro Comercial Metrocentro. Asimismo, a la directora, Clara Alicia de Ramos, por permitirnos desarrollar la prueba sensorial en el Centro Escolar Reino de Suecia.

A los estudiantes de agroindustria que participaron en la realización de las pruebas de aceptación de las formulaciones.

A mis amigos, compañeros y colegas, Liliana Landaverde e Israel Steinau por brindarnos su ayuda en la ejecución de las pruebas organolépticas. De igual forma a mis compañeros y amigos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial por haber formado parte en una de las mejores etapas de mi vida, especialmente a Rafael Alfaro y Liliana Landaverde. Y a mis amigas por apoyarme en todo momento.

Celina Margarita Castro Alvarado

Primeramente, agradezco a Dios, por haberme permitido culminar mi carrera con éxito al darme fortaleza, sabiduría y amor en momentos difíciles y que con persistencia he logrado sobreponerme.

A mis familiares y amigos que aún viven en mi memoria y que dejaron una gran huella que ni el tiempo podrá borrar. De forma muy especial a mi padre Santos Ángel Rivera, que con su inigualable ejemplo me mostro el poder de la perseverancia, la valentía, el amor y sobretodo nunca darme por vencido. A mis hermanos Juan José Rivera y Fátima Rivera, a mi abuelo Jorge Arévalo, y a mi querida amiga Daniela Sánchez. A quienes solo les puedo decir Gracias Mil gracias por haber creído en mí.

A mi madre Amalia Rosalía Arévalo, a mi hermana Yanci Rivera, a mi Querida Sobrina Alexandra Niriyeth, y a cada uno de mis familiares quienes, con su ayuda, y buena voluntad me han permitido llegar a este gran logro en mi vida

A mis asesores Ing. Agr. Flor López, Ing. Agr. Miguel Paniagua e Ing. Sigfredo Ramos, y demás catedráticos quienes contribuyeron a mi formación con su conocimiento, aportes y experiencia.

Y por supuesto a mis queridos amigos y compañeros: Patricia Isabel Iraheta Hernández (Paty), Vanessa Ester Bermúdez Rivas, Israel Andrés Steinau Dueñas, Xiomara Yamileth Hernández Arias, Miguel Efraín Méndez Cárcamo, Gabriela Esther Hernández Rodríguez Lilibiana Elizabeth Landaverde Vásquez, Sara Anabel Mejía Arteaga, Pedro Alberto Hernández Cruz, Gerardo Aarón Pardo Valencia, José Benjamín García Martínez, Rafael Antonio Alfaro Medina, Julio Cesar Montoya Siliézar, Celina Margarita Castro Alvarado, José Mario Alas de León, Saúl Alfredo Vásquez Reyes, Josué Eliseo Velásquez Herrera. Por haber formado y ser parte importante de este logro, con su inigualable amistad y compañerismo.

Daniel Enrique Rivera Arévalo

En primer lugar, a Dios el creador de todas las cosas, Él que ha dado fortaleza a mi vida para llegar hasta este momento y por cuidar cada uno de mis pasos hasta alcanzar este gran sueño. Asimismo, a mi PADRE Maximino Velásquez y a mi MADRE Elsy Herrera quienes han sido mi motivación y apoyo incondicional en toda mi vida, su lucha y esfuerzo han sido un ejemplo digno a seguir para mí. También, a mis hermanos por su valiosa ayuda y consejos que me han brindado durante toda mi formación. A cada uno de los docentes tutores que han aportado ideas para la realización de esta investigación: Ing. Agr. Sigfredo Ramos, Ing. Agr. Miguel Paniagua e Ing. Agr. Flor López.

Josué Eliseo Velásquez Herrera

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto y mi carrera a mis padres. Celina de Castro y Sabas Castro, por su entrega, apoyo, paciencia y amor incondicional en todo momento, ya que sin ellos no habría sido posible cada uno de mis logros a lo largo de mi vida. Asimismo, a mi familia, amigos y compañeros por su cariño.

Celina Margarita Castro Alvarado

Dedico de forma muy especial toda mi carrera a mi padre Santos Ángel Rivera, a mi madre Amalia Rosalía de Rivera, a mis hermanos y sobrinos. Quienes en todo momento me han brindado su cariño y apoyo incondicional.

Daniel Enrique Rivera Arévalo

Le dedico este trabajo primeramente a Dios por darme la vida y la oportunidad de terminar mis estudios, a mi familia que han sido un pilar fundamental en mi formación académica, sé que sin ellos jamás hubiese podido lograrlo. A todos mis amigos que me han brindado su apoyo en todo momento.

Josué Eliseo Velásquez Herrera

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Generalidades del plátano	2
2.1.1. El sistema radicular	2
2.1.2. Cormo o rizoma	2
2.1.3. Sistema foliar	2
2.1.4. La inflorescencia y el racimo	2
2.2. Usos tradicionales e industriales del plátano	3
2.3. Valor nutricional del plátano verde	3
2.4. Estados de madurez del plátano	4
2.5. Producción de plátano en El Salvador	4
2.6. Canales de comercialización y segmentos del mercado	4
2.7. Harina de plátano verde	5
2.7.1. Descripción de la harina de plátano verde	5
2.7.2. Valor nutricional de la harina de plátano verde	6
2.7.3. Características reológicas de la harina de plátano verde	6
2.7.4. Proceso de elaboración de la harina de plátano verde	8
2.7.5. Usos de la harina de plátano verde	9
2.8. Empanizadores	10
2.8.1. Definición de empanizadores	10
2.8.2. Partes de un empanizado	10
2.8.3. Tipos de empanizador	10
2.8.4. Proceso general de empanizado	12
2.8.5. Proceso de fritura de productos empanizados	13
2.8.6. Mecanismos de absorción de aceite en el proceso de fritura	14
2.8.7. Atributos de los empanizadores	15
2.8.8. Problemas de los productos empanizados	17
2.9. El proceso de aceptación de los alimentos empanizados	18

2.10.	Pruebas de aceptabilidad de alimentos.....	18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1.	Metodología de campo	20
3.1.1.	Elaboración de la harina de plátano	20
3.1.2.	Elaboración de miga de pan	24
3.1.3.	Formulación de empanizadores.....	25
3.1.4.	Elaboración de pollo empanizado.....	27
3.1.5.	Realización de las pruebas organolépticas	28
3.1.6.	Cálculo de rendimiento	30
3.2.	Metodología de laboratorio.....	31
3.3.	Metodología estadística	31
3.3.1.	Análisis sensorial.....	31
3.3.2.	Análisis Exploratorio de Datos.....	31
3.3.3.	Prueba de Hipótesis	32
3.3.4.	Prueba de ordenamiento	32
3.4.	Metodología económica	33
3.4.1.	Estimación de costo de producción de harina de plátano	33
3.4.2.	Estimación costo de empanizadores	33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.	Análisis bromatológico.....	34
4.2.	Prueba organoléptica	35
4.2.1.	Patrones de asociación entre formulaciones y niveles de preferencia	35
4.2.2.	Patrones de asociación entre atributos y tratamientos	43
4.2.3.	Prueba de ordenamiento por preferencia	48
4.3.	Rendimiento de empanizadores	50
4.4.	Comparación de costos.....	51
5.	CONCLUSIONES.....	53
6.	RECOMENDACIONES	54
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	55
8.	ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Formulación de empanizadores	26
Cuadro 2: Metodologías de análisis bromatológico.....	31
Cuadro 3: Análisis bromatológico de harina de plátano y formulaciones	34
Cuadro 4: Rendimiento de empanizadores	50
Cuadro 5: Comparación de costos de elaboración para una libra de empanizador	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plátanos seleccionados en madurez tres y lavado de plátanos	20
Figura 2: Plátano en rodajas y en solución de ácido cítrico al 2%	21
Figura 3: Bandejas con plátano en estufa y proceso de molienda de plátano deshidratado .	21
Figura 4: Tamizado de harina de plátano y empackado.....	22
Figura 5: Flujograma de proceso de elaboración de harina de plátano	23
Figura 6: Panes en proceso de deshidratado a 175°C	24
Figura 7: Pan en proceso de molido, cernido y miga de pan obtenida	25
Figura 8: Pollo troceado y empanizado	27
Figura 9: Freído y pollo empanizado.....	28
Figura 10: Estudiantes de agroindustria realizando prueba sensorial.....	29
Figura 11: Prueba sensorial ejecutada en centro comercial	29
Figura 12: Prueba organoléptica en Complejo Educativo Reino de Suecia	30
Figura 13: Biplot de patrones de preferencias para el atributo olor.....	35
Figura 14: Recuento de calificaciones para el atributo olor.....	36
Figura 15: Biplot de patrones de preferencias para el atributo color	37
Figura 16: Recuento de calificaciones para el atributo color	38
Figura 17: Biplot de patrones de preferencias para el atributo sabor	39
Figura 18: Recuento de calificaciones para el atributo sabor	40
Figura 19: Biplot de patrones de preferencias para el atributo textura	41
Figura 20: Recuento de calificaciones para el atributo textura	42
Figura 21: Biplot de calificación me gusta	43
Figura 22: Biplot de calificación me encanta	44
Figura 23: Biplot máxima preferencia (me gusta +me encanta).....	45
Figura 24: Biplot de baja preferencia	46
Figura 25: Box plot de ordenamiento por grupo completo	48

Figura 26: Boxplot de ordenamiento por preferencia panel femenino	49
Figura 27: Boxplot de ordenamiento por preferencia por panel masculino	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro A -1: Valor nutricional del plátano verde de una porción de 100 gr	60
Cuadro A-2: Caracterización de los estados de madurez del plátano.....	61
Cuadro A-3: Producción de plátano en El Salvador 2009-2014.....	61
Cuadro A-4: Valor nutricional de la harina de plátano	61
Cuadro A-5: Características físicas de la harina de plátano	62
Cuadro A- 6: Clasificación granulométrica de los empanizadores	62
Cuadro A -7: Evaluadores por nivel de preferencia para el atributo olor.....	62
Cuadro A- 8: Evaluadores por nivel de preferencia para color	63
Cuadro A- 9: Evaluadores por nivel de preferencia para sabor	63
Cuadro A-10: Evaluadores por nivel de preferencia para textura.....	63
Cuadro A - 11: Evaluadores según atributo para la calificación me gusta	64
Cuadro A -12: Evaluadores según atributo para la calificación me encanta.....	64
Cuadro A-13: Evaluadores según tratamiento para máxima preferencia	64
Cuadro A -14: Distribución de evaluadores según el atributo para baja preferencia	65
Cuadro A- 15: Cálculos de ganancia de peso por fórmula.....	65
Cuadro A- 16: Cálculos de rendimiento por fórmula para empanizar	65
Cuadro A- 17: Cálculos de comparación de costos.....	66
Figura A- 1: Estados de Madurez del plátano	67
Figura A- 2: Flujograma de elaboración de harina de plátano.....	68
Figura A- 3: Diagrama de proceso general de empanizado por tipo de empanizador	69
Figura A- 4: Flujograma de proceso general de empanizado	70
Figura A- 5: Proceso de freído.....	71
Figura A- 6: Diagrama de flujo para la elaboración del empanizador	72
Figura A- 7: Boleta de prueba organoléptica	73
Figura A- 8: Colores de empanizadores comerciales	74
Figura A- 9: Nivel de cobertura del empanizador por formulación	74

1. INTRODUCCIÓN

El plátano, es una fruta que se caracteriza por poseer diversos usos, entre los más comunes se encuentran, elaboración de platillos tradicionales, materia prima para la industria de alimentos. Asimismo, es una fuente rica en oligoelementos, como lo son el potasio, aminoácidos esenciales, fibra y energía, convirtiendo a esta fruta en una excelente fuente de nutrientes. Además, posee almidones capaces de resistir la digestión, convirtiéndolo en un alimento prebiótico.

Mediante los procesos de transformación, como el deshidratado y molienda del plátano verde, se obtiene una materia de calidad como lo es la harina. La cual, posee características funcionales que le permiten tener menor capacidad de absorción de aceite y mayor pegajosidad en comparación a la harina de trigo, debido a la relación de amilosa y amilopectina de cada harina. Por lo que podrían ser utilizadas en diferentes industrias de alimentos, tales como la de panificación, pastas, geles y de empanizadores, ya que estos parámetros son determinantes en la calidad tecnológica y organoléptica del producto final.

En cuanto a la elaboración del empanizador a base de harina de plátano se utilizó una formulación testigo con harina de trigo. Ulteriormente, se establecieron los porcentajes de inclusión en 25%, 50%, 75% y 100% de harina de plátano con respecto a la harina de trigo. Posteriormente, por medio de una prueba hedónica de cinco puntos se identificaron los atributos sobresalientes y menos preferidos de cada formulación, igual manera se aplicó una prueba de preferencia por ordenamiento determinando la formulación más preferida por los evaluadores.

El análisis bromatológico efectuado a la harina de plátano verde y las formulaciones de empanizadores, permitió saber si la harina de plátano producía cambios favorables o no sobre los componentes nutricionales de las formulaciones de empanizadores. Asimismo, se relacionó los resultados organolépticos y bromatológicos con la comparación de costos de producción de cada una de las formulaciones.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del plátano

El plátano (*Musa paradisiaca*) es originario del suroeste de Asia, Indochina, Malasia y Filipinas. Su dispersión y evolución no es bien conocido. Todas las especies de plátano comerciales pertenecen al orden *Scitamineas*, familia *Musaceae*. Morfológicamente está formada por el sistema radicular, el cormo o rizoma, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo (MAG 2004, Araya 2008, Hernández y Vit 2009).

2.1.1. El sistema radicular

Está conformado por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas, la mayor parte se desarrollan entre los 20 a 60 centímetros del suelo. Su color varía de acuerdo a la edad y etapa de desarrollo. Pueden alcanzar una longitud de más de 5 metros y de 5 a 10 milímetros de grosor (MAG 2004).

2.1.2. Cormo o rizoma

Se considera el tallo verdadero de la planta el cual es subterráneo, con ramificaciones monopódicas de donde se originan las hojas que parten del meristemo apical o punto vegetativo que se encuentra en la parte superior del rizoma. Un cormo bien desarrollado puede tener de 25 a 40 cm de diámetro y pesar de 6.9 a 11.5 Kg (MAG 2004, Araya 2008).

2.1.3. Sistema foliar

Las hojas están formadas por cuatro partes que son: ápice, limbo, seudopécíolo y vaina. *El ápice* es un órgano temporal, que dirige la hoja a través y hasta el ápice del seudotallo. *El limbo*, es la lámina que está compuesta por dos semilimbos, la nervadura central, nervaduras laterales y las bandas pulvinares. *El seudopécíolo*, es la porción de la hoja que une la vaina con la nervadura central. La vaina, proporciona el soporte del sistema foliar, el tallo aéreo y la inflorescencia (MAG 2004, Araya 2008).

2.1.4. La inflorescencia y el racimo

La inflorescencia inicia una vez ocurrida la diferenciación floral (50% de las hojas formadas) la cual conduce a la formación del racimo. Una vez que el ápice de la inflorescencia aparece en la parte superior de la planta (la bellota), ésta se continúa desarrollando verticalmente hasta completar su emergencia del seudotallo y tornarse péndula. las brácteas se levantan

secuencialmente y dejan en descubierto las manos, dura alrededor de 15 días. Posterior a esto, se inician una serie de doblamientos de los pedúnculos que hacen que se lleve a cabo cambios en la posición de las filas de los frutos hasta que el racimo adquiera su conformación definitiva (MAG 2004).

2.2. Usos tradicionales e industriales del plátano

El plátano, es una fruta que se caracteriza por ser un alimento con diversos usos, entre los más comunes se encuentran: la elaboración de platillos tradicionales como canoas, plátano en miel, empanadas, entre otros, pero también es una materia prima utilizada a nivel industrial, para la elaboración de aperitivos. Algunas partes de la planta de plátano presentan características medicinales como el caso de las flores las cuales se utilizan para tratar la disentería, úlceras y bronquitis, además, las mismas cocidas se consideran un buen alimento para los diabéticos (Kumar *et al.* 2012).

Asimismo, tanto la cáscara como la pulpa poseen propiedades antifúngicas y antibióticas debido a su estructura química, cuentan con neurotransmisores como la norepinefrina, serotonina y dopamina, de igual manera la raíz es utilizada generalmente para tratar enfermedades digestivas (Blasco 2014).

2.3. Valor nutricional del plátano verde

Según Arias y Toledo (2007), la composición nutricional del plátano puede variar de acuerdo a su lugar de procedencia, variedad, manejo agronómico y estado de madurez, tomando como base estadios de maduración dos, tres (de pintón a verde) y cuatro (maduro) (Figura A-1; Cuadro A-2).

El plátano verde, es bajo en colesterol y grasa total (0.1 gr a 0.3 gr), rico en carbohidratos (22.8gr a 40.9 gr) y carbohidratos disponibles (38.6 gr). Uno de los componentes que destacan al plátano es la fibra cruda (0.8) y fibra dietaría total (0.5 a 2.6 gr) que es un componente que resiste la digestión y es absorbido en el intestino delgado (Blasco y Gómez 2014). Entre los minerales que se destacan se encuentran el calcio (8mg), fósforo (40-43 mg), hierro (0.5-0.8mg), potasio (358 mg), sodio (1 mg) y magnesio (27 mg). Además de ello, se destaca la vitamina C (10.40 a 28 mg), vitaminas del complejo B como lo son la tiamina (0.07 a 0.09 mg), riboflavina (0.04 a 0.014 mg) y niacina (0.5 a 0.62 mg) y vitamina A (retinol) (130 mg) (Cuadro A-1) (Centro Nacional de Alimentos y Nutrición 2009, EXPOFRUT 2011, INCAP 2012).

2.4. Estados de madurez del plátano

Dependiendo del estado de madurez así será su uso o consumo de esta fruta. Para la elaboración de harina es necesario que el plátano se encuentre en su estado de madurez tres (pintón-verde amarillento), de lo contrario las características organolépticas típicas de la harina no se presentan, es decir, presenta un sabor astringente al usar estados de madurez menores a tres (Cuadro A-2; Figura A-1), de igual forma ciertos componentes nutricionales pueden perderse a medida el plátano va madurando (Arias y Toledo 2007).

Los estados de madurez uno y dos son destinados únicamente a exportación, debido a su facilidad de manejo y por ser frutas climatéricas, el estadio tres utilizado mayormente por las industrias en la elaboración de harinas (productos de panificación y pastas), meriendas y para la extracción de almidones resistentes y los estadios cuatro y cinco son destinados a la venta al detalle, para su posterior utilización en platillos típicos (Calderón 2014).

2.5. Producción de plátano en El Salvador

Entre los años 2009 a 2016, la producción de plátano en El Salvador ha aumentado considerablemente, de producir 427.781 quintales a 779,554 quintales. En cuanto al consumo nacional 433.061 quintales (2009-2010) a 1,528,678 quintales (2015-2016) (Cuadro A-3), este fenómeno se debe principalmente a la demanda de plátano como materia prima de parte de las industrias de alimentos, en segundo lugar, al crecimiento poblacional y a las exportaciones de plátano del país, ya que alrededor del 2% del consumo nacional es destinado a la exportación (MINEC 2012, MAG 2016).

2.6. Canales de comercialización y segmentos del mercado

Los principales canales de comercialización del plátano se estructuran en dos principales vías: El mercado informal y el mercado formal. El mercado formal generalmente requiere que el productor cuente con registros fiscales, servicios de distribución/logísticos y garantías en el aprovisionamiento de productos, teniendo como destinos principales los supermercados, los hoteles, restaurantes e instituciones. En cambio, en el mercado informal, no son obligatorios ninguno de los aspectos anteriores, ya que a este únicamente le interesa comercializar el producto a un módico precio y sus exponentes son los mercados municipales, intermediarios, mayoristas y minoristas (MINEC 2012).

El principal canal de comercialización del plátano en El Salvador, es el mercado informal, cuyo mayor exponente es el mercado de mayoreo «La Tiendona». Se estima que se comercializa alrededor de 39.3% del consumo nacional de esta fruta ya sea in situ o entrega a domicilio por parte de los importadores que tienen como base de operación este mercado. El segundo mercado de importancia a nivel nacional es San Miguel, donde se comercializa alrededor del 11% del consumo nacional abasteciendo a los departamentos de La Unión, Morazán y el mismo San Miguel (FEDARES 2002) .

Dentro de los canales de comercialización y segmentos de mercado no se contempla la producción de harina de plátano, ya que el uso de esta fruta es orientado mayormente en la preparación de platillos artesanales o como acompañamiento de otro alimento, por consiguiente, el aprovechamiento de las características nutricionales, funciones tecnológicas y organolépticas de la harina de plátano en la industria agroalimentaria son escasas o inexistentes (MINEC 2012).

2.7. Harina de plátano verde

2.7.1. Descripción de la harina de plátano verde

Se entiende por harina, al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón, se puede obtener harina de distintos cereales, aunque el más habitual es la harina de trigo. Existen diferentes tipos de harinas, harina de leguminosas, de avena, maíz, cebada, centeno, yuca, plátano, arroz, guisantes, soya y pescado. 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 (Alduvín *et al.* 2006).

La harina de plátano, dentro de la clasificación de las harinas se encuentra en la categoría denominada «Cuatro cero (0000)», designado así, por la relación de las cadenas de almidón (amilasa y amilopectina). Este tipo de harina es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden su forma, por esa razón solo se utilizan en los panes de moldes, pastelería y batidos de tortas. Entre sus características típicas se tienen ciertos estándares, de tales como humedad (15%) y parámetros sensoriales como el sabor, olor, los cuales deben ser características a plátano y textura fina, sin grumos (MIDIS 2014, Alduvín *et al.* 2006).

2.7.2. Valor nutricional de la harina de plátano verde

Los componentes nutricionales (Cuadro A-4) de mayor relevancia para la harina de plátano, varían si la harina es cruda, es decir, sin ser sometida a un tratamiento físico previo como lo es el blanqueado (precocido) de los plátanos antes de ser sometidos a proceso de deshidratado (Soto 2010).

El almidón, dividido en almidón total 71.1% (cruda) y 66.51% (precocida), digerible 70.35% (cruda) y 65.33% (precocida) y resistente 11.24% (cruda) y 15.89% (precocida), siendo este último el más importante por resistir la digestión por parte de las enzimas amilolíticas y llegar íntegro al intestino donde es fermentado por las bacterias duodenales convirtiéndolo en un alimento prebiótico. Esta resistencia a la hidrólisis puede ser explicada por varios factores como grado y tipo de cristalinidad del grano de almidón, contenido de amilosa. También, es clasificado como un tipo de almidón no glicémico por no elevar la glucosa en la sangre, en comparación de la harina de trigo que es un tipo de almidón glicémico, por ser de fácil digestión y absorción en el intestino y elevar la glucosa en la sangre (Lupano 2013, INIAP 2004).

La proteína varía entre 2.82% (cruda) a 3.09% (precocida) y su porcentaje de digestibilidad es de 75.32%. Otro componente de gran importancia es la fibra, la cual varía entre 1.45% (cruda) a 1.64% (precocida). La harina de plátano verde, es rica en minerales como: Calcio 0.12% (cruda) y 0.11% (precocida), fósforo 0.07% (cruda y precocida), magnesio 0.06% (cruda y precocida), potasio 1.06% (cruda) y 1.09% (precocida), sodio 0.03% (cruda y precocida), hierro 19.19ppm (cruda) y 18.19 (precocida), zinc 10.83 ppm (cruda) y 10.27 (precocida) y manganeso 3.26ppm (cruda) y 2.64ppm (precocida) (INIAP 2004).

2.7.3. Características reológicas de la harina de plátano verde

La harina de plátano posee características típicas de una harina, éstas se conocen como «reológicas». La reología, es una rama física que estudia el movimiento de los fluidos. Las harinas son fluidos no newtonianos de tipo dilatante, es decir, que su viscosidad varía con la temperatura y la tensión constante que se le aplica. No posee un valor de viscosidad definido y constante (Ramírez 2006).

Las características funcionales de la harina de plátano (Cuadro A-5), son el contenido de humedad, capacidad de absorción de aceite, absorción de aceite en fritura, relación amilosa-amilopectina, viscosidad máxima, pegajosidad de la masa y adhesividad. Éstas varían si la harina es cruda, es decir, sin ser sometida a un tratamiento físico previo como lo es el blanqueado(precocido) de los plátanos antes de ser sometidos a proceso de deshidratado. La

capacidad de absorción de aceite, se basa en el atrapamiento físico del aceite dentro de la estructura del almidón, para la harina de plátano es de 1.84 g gel/ g harina (Cruda) y 1.68 g gel/ g de harina (precocida), a comparación de la de trigo de 0.80 (g gel/g de harina) que es menor, debido al número de cadenas laterales no polares en las proteínas que enlazan las cadenas hidrocarbonadas de las grasas de la harina de plátano (INIAP 2004, Venegas *et al.* 2009).

La absorción de aceite en fritura está relacionado con lo anterior, en otras palabras, mide la relación entre la cantidad de aceite usado para freír cierta cantidad de masa o porción, siendo para la harina de plátano 0.28 kg aceite/ kg masa frita (cruda) o 0.25 kg aceite/ kg masa frita (precocida), lo que la hace aceptable para ser usada en alimentos revestidos, ya que los alimentos rebosados con harina de trigo absorben una cantidad mayor de aceite a comparación de otras harinas, esto se debe a que la capacidad de absorción de aceite de la harina de trigo, está dada también por la granulometría y la finesa de la masa (INIAP 2004, Rossell 1998, Gonzalez 2003, Sandoval *et al.* 2005, Álvarez 2014)

La viscosidad máxima, se refiere a la máxima viscosidad alcanzada por la suspensión a diferentes gradientes de temperatura y presión. Para la harina de plátano se tiene 186.49 RUV (Unidad Rápida de Viscosidad) (cruda) y 93.08 RUV (cocida), en cambio la harina de trigo es mayor con 850 RUV, puesto que la harina de trigo posee mayor cantidad de partículas aisladas que la harina de plátano, aumentando así su viscosidad. Con respecto a la adhesividad y pegajosidad de la masa, dependen de la cantidad de componentes solubles en la harina. Éstas aumentan cuando la masa ha sido tratada térmicamente, ya que se modifica el almidón. La harina de plátano posee mayor pegajosidad 223.24 gf (gramos fuerza) que la harina de trigo 21.179 gr y en cuando a su adhesividad 17.15 mm y 50.79 mm respectivamente. Esto se debe a la relación de amilasa y amilopectina de las harinas 0.2 % para la harina de plátano y 0.4% de la harina de trigo, que definen el comportamiento reológico de las harinas (INIAP 2004, Gonzalez 2003, Sandoval *et al.* 2005, Álvarez 2014)

Las características reológicas o funcionales de las harinas son importantes en diferentes industrias, tales como la de panificación, pastas, geles, emulsificantes y las industrias de revestimiento (empanizadores), ya que estos parámetros son determinantes en la calidad tecnológica y organoléptica del producto final (Sandoval y Quintero 2005). Hay que considerar que los parámetros anteriores pueden variar en cierto porcentaje o cantidad de acuerdo a la intensidad del tratamiento térmico o químico empleado dependerá del propósito de uso de la harina, ya que, en algunas industrias alimentarias las características como adhesividad,

pegajosidad y viscosidad tienen que ser mínimas, pero con una alta capacidad de absorción de agua o aceite (González 2003).

2.7.4. Proceso de elaboración de la harina de plátano verde

El proceso de elaboración de harina de plátano verde (Figura A-2), puede variar, ya que no hay un proceso definido para su fabricación. Asimismo, interviene el nivel de tecnificación empleado (Alduvín *et al.* 2006). A continuación, se describe el proceso general de elaboración de la harina de plátano verde:

- **Adecuación de la materia prima:** los plátanos se lavan para eliminar la suciedad que pueda comprometer la higiene del producto (INIAP 2004).
- **Remoción de la cáscara:** El pelado se realiza de forma manual. Realizando un despuntado de ambos extremos. Posteriormente, se hace una incisión a lo largo del plátano, únicamente sobre la cáscara, a manera de facilitar la extracción de la misma (Alduvín *et al.* 2006).
- **Inmersión:** 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. Cuando se le realiza un corte en los tejidos aparece un color parduzco al estar al contacto con el oxígeno, esto se conoce como pardeamiento enzimático, el tejido produce esta coloración como defensa contra el crecimiento de mohos que no va a afectar ni el sabor ni el valor nutritivo. Sin embargo, afecta el aspecto visual del alimento, este fenómeno se debe a la acción de las enzimas, las fenolasas, como sustratos de estas enzimas están los compuestos fenólicos, con lo que afectan a los pigmentos con estructura fenólica. Para evitar este pardeamiento se sumerge el plátano en ácido ascórbico al 1% durante cinco minutos (INIAP 2004, Alduvín *et al.* 2006).
- **Troceado:** El plátano una vez pelado se procede a cortar en tajadas bien delgadas para que se deshidraten más fácilmente (González 2003, Alduvín *et al.* 2006).
- **Deshidratado:** Si se va a utilizar el secado solar, el alimento se expone a la luz del sol para reducir los niveles de humedad del alimento hasta un 15%. El proceso dura alrededor de un día o dos (Alduvín *et al.* 2006).
- **Molienda:** Se puede utilizar un molino de martillos, por el cual se pasa el producto seco para ser finamente dividido, hasta obtener partículas pequeñas de 212 micras, formándose así la harina (Alduvín *et al.* 2006).

- **Cernido:** La harina que se obtiene tiene diferentes tamaños de partícula, después de cada pasaje a través de un molino de cilindro clasifica el producto según el tamaño de las distintas partículas, se efectúa mediante tamices de telas de ceda o acero inoxidable. De esta forma se llega a obtener un producto más fino (INIAP 2004, Alduvín et al. 2006).
- **Empaque:** Una vez lista la harina se puede empacar en bolsas, preferiblemente de polipropileno o celofán. Las cantidades a colocar en cada empaque y el tipo del mismo, dependen del tipo de cliente, y de las condiciones de almacenamiento (Soto 2010).
- **Almacenamiento:** Una vez listas las bolsas, se sellan debidamente para evitar que entre humedad del medio al producto y también que se vaya a contaminar con insectos o materias extrañas (INIAP 2004, Soto 2010).

2.7.5. Usos de la harina de plátano verde

La harina de plátano verde, es utilizada como materia prima secundaria o primaria en la elaboración de productos de panificación, como lo son postres, ya que añade sabores únicos y características de textura deseables (Pacheco y Testa 2005). Asimismo, es usada en la elaboración de pastas para personas celíacas (personas intolerantes al gluten), ya que la harina de plátano verde es considerada como un alimento de bajo índice hipoglucémico, debido a la naturaleza del almidón de tipo resistente (resiste la digestión). Además, mejora la sensación del paladar de la pasta (textura), sabor y su aroma (Zandonadi *et al.* 2012).

Otro de los usos más comunes de la harina de plátano, es en la elaboración de sopas deshidratadas para regímenes especiales de alimentación, debido a que otorga un alto porcentaje de fibra dietética total (12.5-15.9 %) y almidón resistente (3.15%) los cuales son esenciales en la mejora de la digestión y metabolismo (Pacheco 2001). Actualmente, la harina de plátano verde es utilizada para elaborar algunos platillos tradicionales, como lo son empanadas, atoles y patacón (tortas de plátano), por la facilidad de preparación que da la harina de plátano (Torres 2014).

Entre los usos complejos de la harina de plátano verde, se tiene como emulsificante, espesante y como sustituto de grasa en la elaboración de geles cárnicos, debido a sus características tecnológicas (reológicas) de la harina (Araya *et al.* 2014, Jimenez 2012).

2.8. Empanizadores

2.8.1. Definición de empanizadores

Se entiende por empanizadores o productos de revestimiento, aquellos que son elaborados a base de cereales como trigo, arroz y maíz. Y en ocasiones a base de harinas poco convencionales como avena, avellana y almendra. Éstos, típicamente contienen condimentos y agentes de fermentación química y suelen ser aplicados como agentes revestidores a los alimentos fritos o cocidos al horno para lograr ciertas texturas, colores, sabores y olores deseables (Chen *et al.* 2011, FoodNewlyweds 2011).

2.8.2. Partes de un empanizado

Típicamente los empanizados se conforman por cuatro partes, un sustrato o vehículo, pre-dust o «pre-polvo», «batter» o masa y el empanizado o capa verdadera (Kerry 2014). Éstas se describen a continuación:

- **Substrato:** Que es el alimento que se va empanizar. Comúnmente se utilizan, pollo, carne de res, pescado, camarón y hortalizas como cebolla, cebollín y berenjenas.
- **Pre-polvo:** Es la pre-cobertura de granulometría fina, puede ser harina o miga fina o ambos (ayuda a absorber la humedad de la superficie del sustrato en donde es aplicado y forma un puente entre el batter y el sustrato).
- **Masa:** Es una suspensión de sólidos en líquidos y son utilizados como cubiertas externas o capas de unión.
- **Empanizador o capa verdadera:** Que es la última capa de cobertura del alimento (Kerry 2014, FoodNewlyweds 2011).

2.8.3. Tipos de empanizador

Los empanizadores se basan comúnmente en harina de cereales, en su mayoría harina de trigo, o un producto derivado de una harina de cereal, tal como una miga de pan. Cuatro de las categorías de panificación se ajustan a la definición de «partículas de cereales procesadas térmicamente». Estas categorías de migas son: «Cracker Crumb» (CM) (Miga tipo galleta), miga de pan americano (ABC), miga de pan japonés (JBC) , migas extruidas y base de harinas (Mallikarjunan *et al.* 2009, Chen *et al.* 2011). Estos se describen a continuación:

Miga tipo galleta (CM). Estos tipos de empanizadores dependen de tiempos prolongados de fermentación seguidos de una cocción intensamente caliente. Algunos CM se producen sin la etapa de fermentación. Se caracterizan por tener una textura dura y densa al paladar. Además de las harinas de trigo, se usan otros ingredientes como glucosa, almidones y gomas para lograr la textura preferida, el nivel de tostado y el color específico requerido, tal como amarillo o naranja (Chen *et al.* 2011).

Miga de pan americano (ABC). Se utilizan típicamente en los productos crudos o parcialmente fritos destinados al horno. Se preparan a partir de migas tamizadas en tamaños finos, medios y gruesos horneados de pan de levadura. Esta miga tiene una textura crujiente que es menos resistente que la miga de CM. Además, se caracteriza por tener una forma redonda, porosa, y proporcionar un crujido agradable. También otorga excelentes sensaciones visuales debido a los diferentes tamaños de miga y la aparición de piezas de corteza (Mallikarjunan *et al.* 2009, Chen *et al.* 2011).

Miga de tipo japonés (JBC). Este tipo de miga, también llamado tipo «panko». Se elabora usando métodos estandarizados de mezcla. Sin embargo, la masa se prueba en cacerolas especiales que permiten un tratamiento térmico único durante la cocción. Durante su fabricación emplean métodos alternativos, ya sea cocinando a través de microondas o usando resistencia eléctrica; dando como resultado en un empanizador libre de partículas de corteza marrón indeseables. También presenta una estructura porosa que da una textura tierna y crujiente (Chen *et al.* 2011, FoodNewlyweds 2011).

Extruidos. El proceso de extrusión ofrece amplias ventajas sobre los procesos tradicionales de preparación de empanizados. Ya que es capaz de hacer uso de una amplia variedad de materias primas, proporcionar tiempos de procesamiento cortos y económicos, ocupar un espacio de procesamiento menor y ofrecer una gran flexibilidad para los procesos. Las migas se pueden diseñar para mejorar el rendimiento, como el aumento de la tolerancia de la freidora como CM o imitando la capacidad de tostado como ABC y JBC. Las migas extruidas son de tamaño mediano, duras y de textura abierta (Chen *et al.* 2011, Mallikarjunan *et al.* 2009, FoodNewlyweds 2011).

A base de harinas. Los revestimientos que no se procesan térmicamente, crean un aspecto desigual estilo hogareño. La mayoría de ellos contienen harina de granos. Estos empanizadores se elaboran a base de harinas de trigo, arroz, maíz y cebada. Comúnmente se dividen en tres categorías: harina simple, clásico empanizador y original, basada en la

inclusión o exclusión de aditivos o especias. Como su nombre lo indica, harina simple es harina sin aditivos o especias. El empanizador clásico contiene un número limitado de aditivos o especias. Original, es el más común y popular, es una combinación especial de varias harinas, además de muchas especias diferentes, hierbas y condimentos (Chen *et al.* 2011).

2.8.4. Proceso general de empanizado

El proceso de empanizado varía de acuerdo al tipo de empanizador a elaborar (Figura A-3). No obstante, estos procesos poseen tres fases en común, como la aplicación de pre-dust, batter y empanizador. se puede dividir en tres fases (Figura A-4). La primera consiste en la aplicación de pre-dust al sustrato seleccionado. Posteriormente, se dirige el sustrato al batter y finalmente se aplica el empanizador como tal (FoodNewlyweds 2011).

A continuación, se describen el proceso general de empanizado para cada tipo de empanizador y las fases del proceso:

El proceso de cada tipo de empanizado inicia con la preparación de los ingredientes, tales como la harina, agentes colorantes, levadura, azúcar, especias y aditivos. Posteriormente se prepara el sustrato aplicando el pre-dust (pre-polvo). Para su empleo se utilizan tres métodos. El primero es por tambor rotatorio, es usado para productos de formas no uniformes como piezas de pollo y «tenders» (trozos de pollo). Este proceso consiste en dirigir el sustrato por medio de bandas a una cámara, en la cual, un tambor rotatorio se encarga de mover de forma uniforme el sustrato hasta quedar cubierto en más de un 50% por el pre-dust (Kerry 2014, FoodNewlyweds 2011).

La cama plana, es un método empleado a productos con forma definida, como los medallones de pollo, hamburguesas y lonjas de pescado. El proceso consiste en dirigir en una banda plana el sustrato a un bañador de pre-dust, para finalmente ser presionado por un rollo aplanador, a modo de adherir el pre-dust al sustrato (FoodNewlyweds 2011).

«Flip» o giro, es aplicado para productos no uniformes. El sustrato se dirige por medio de una banda a un alimentador de pre-dust y posteriormente a dos rollos aplanadores. Mientras tanto el alimentador de pre-dust cae sobre la banda, el sustrato es dirigido a bandas dobles o giratorias, para asegurar la adherencia del pre-dust al sustrato (FoodNewlyweds 2011, Chen *et al.* 2011).

Una vez preparado el sustrato con el pre-dust, sigue la elaboración del batter. Para ello, se utiliza harina o un derivado de la misma, esta se mezcla con agua, especias, aditivos y agentes

colorantes, para posteriormente sumergir el sustrato en la misma. La aplicación puede ser de dos formas. La primera, por sumersión. El sustrato luego de haber pasado por el pre-dust, es sumergido en el batter por un transportador superior. El segundo proceso es llamado método de cortina, en donde el batter es bombeado y se rebose formando una cortina doble o cascada, aplicándolo como si fuera una mano de pintura sobre el sustrato (FoodNewlyweds 2011, Kerry 2014).

Finalmente se aplica el empanizador o capa verdadera. Para el tipo de empanizador CM, se realiza mediante tamizado o flujo libre, en donde por medio de un tamiz se empleada la capa verdadera, para luego asegurar su adherencia en las aplanadoras y finalmente es sometida a cocción en horno. En cuanto al ABC, se dividen en porciones y se prueban en diferentes sistemas de fritura, para finalmente ser expuestos a horno de cocción. JBC, se utiliza también un método de flujo libre para la adherencia del empanizado, con la diferencia que el producto es previamente cocinado en sartenes especiales de horneado y finalmente se asegura las características típicas de este empanizador mediante el cocinado a horno eléctrico.

Para los extruidos, se emplea un proceso de vapor inyectado, en el cual, el sustrato es sometido a condiciones de alta intensidad de temperatura (150°C) y presión (120 bar) por tiempos cortos (15 segundos). Donde un inyector aplica el empanizado por medio de una banda que dirige al sustrato a una extrusora.

Concluido el proceso de empanizado, el sustrato se enfría para asegurar la textura crocante del empanizado. Posteriormente se evalúa la calidad de la granulometría del empanizado y finalmente se empaca.

2.8.5. Proceso de fritura de productos empanizados

Se entiende por fritura al proceso culinario que consiste en introducir un alimento en un baño de aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas, donde el aceite o grasa actúan de transmisores de calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme (Lercker y Pancorbo 2010). Este proceso está fundamentado *en* la formación de vapor para crea sitios de escape, mediante la búsqueda de puntos débiles en la estructura de las uniones celulares, acompañado de múltiples y complejas reacciones químicas que conllevan a la formación de una corteza característica del producto final (Viera 2005, Gamble *et al.* 2007).

El proceso de freído utilizado para productos empanizados se conoce como «Profunda» ("Deep frying"), el cual consiste en llenar recipientes o freidoras industriales a un nivel alto de

aceite, en donde el producto está completamente sumergido y la fritura ocurre sobre toda la superficie uniformemente (Lercker y Pancorbo 2010). El proceso de fritura, actualmente se clasifica en cuatro etapas:

- **Etapas de calentamiento inicial:** En esta etapa la temperatura de la superficie del alimento se eleva a temperaturas de ebullición del agua superficial. Posee una duración de 10 segundos, caracterizada por una insignificante pérdida de agua y transferencia de calor a través de convección natural (Gamble *et al.* 2007).
- **Calentamiento de la superficie:** El mecanismo de transferencia de calor cambia de convección natural a convección forzada, aumentando su transferencia. Durante esta etapa del proceso, el vapor de agua liberado por el alimento, impide que el aceite ingrese. Luego, comienza la formación de la corteza de revestimiento (BNA 2001, Gamble *et al.* 2007) .
- **Etapas de velocidad decreciente:** Esta etapa se caracteriza por ser la más larga de todas, donde ocurre la mayor pérdida de humedad. La temperatura del centro se acerca al punto de ebullición del agua. Posteriormente, la transferencia de vapor es constante y disminuye debido a la reducida cantidad de agua libre y el engrosamiento de la corteza, que actúa como barrera para la liberación rápida de vapor (Gamble *et al.* 2007).
- **Etapas final o «punto final de burbujeo»:** Esta etapa se destaca por el aparente cese de la pérdida de humedad en los alimentos, pudiendo deberse a la falta de agua líquida o una reducción en la transferencia de calor en la interfaz de la corteza/centro. La conductividad térmica de la corteza es baja debido a su sequedad y porosidad. Cabe destacar, que la absorción continúa luego de retirar el producto del aceite (BNA 2001, Gamble *et al.* 2007).

2.8.6. Mecanismos de absorción de aceite en el proceso de fritura

Existen dos mecanismos para el proceso de absorción de aceite durante el proceso de freído, estos son: Reemplazo de agua y efecto en la fase de enfriamiento, los cuales se describen a continuación:

- **Mecanismo de reemplazo de agua**

Durante la fritura se produce una transferencia de calor entre el alimento y el ambiente. El agua se evapora rápidamente y la superficie exterior se seca, formando una costra por la existencia de dos regiones en constante movimiento, una deshidratada denominada corteza y un centro húmedo. La humedad en el producto frito se convierte en vapor, creando una gradiente de presión positiva, esto determina que el vapor escape por las grietas y abra los canales en la estructura y en las membranas celulares, generando que durante esta fase exista un menor ingreso de aceite, el cual corresponde aproximadamente a 20% de la absorción final. Sin embargo, la absorción del aceite no se produce si los poros de la superficie del alimento están siendo ocupados por el vapor de agua (Figura A-5) (Saguy y Dana 2003).

- **Fase de enfriamiento o condensación**

Al retirar el alimento del aceite caliente, el núcleo de este comienza a enfriarse, provocando la condensación gradual del vapor de agua presente en el interior del alimento. En consecuencia, disminuye la presión interna que provoca un efecto de vacío, donde se produce la mayor absorción y el aceite adherido a la superficie del alimento es aspirado y un 64% del aceite superficial de post fritura se absorbe, y el restante queda alojado en la superficie (Saguy y Dana 2003).

2.8.7. Atributos de los empanizadores

Los atributos de los empanizadores van encaminados de tal manera que puedan interactuar con el proceso de recubrimiento, con las condiciones del proceso de fritura y con el sustrato seleccionado. Dentro de las características típicas de los empanizadores se tienen parámetros visuales, texturales y sensoriales, los cuales son determinantes en la calidad del empanizado (Chen *et al.* 2011). A continuación, se describen estos atributos:

Granulometría. En los empanizadores, la granulometría es uno de los atributos físicos fundamentales, ya que influye en el procesamiento y almacenamiento de los alimentos empanizados. Éstos se clasifican en tres gamas: gruesas, medias y finas (Cuadro A-6). Gránulos gruesos, resaltan características visuales. Además, su capacidad de absorción de agua es lenta en comparación con las de granulometría fina. Sin embargo, proporcionan una capa más uniforme de empanizador sobre el sustrato, disminuyendo el porcentaje de desprendimiento. Pero las de granulometría media, tienden absorber más humedad y de igual

forma que las granulometrías gruesas resaltan características visuales (Mallikarjunan *et al.* 2009, Chen *et al.* 2011).

Porosidad y densidad de la miga. La porosidad es una medida de los espacios vacíos en un empanizador. La porosidad en un empanizador es uno de los atributos más importantes que afecta la calidad del producto. Se relaciona directamente con el nivel de intercambio de aceite y humedad durante el proceso de fritura; cuanto más porosa es la miga, más aceite absorbe. En cuanto a la densidad, disminuye con el aumento de la porosidad, y la resistencia (cuando el sustrato es sometido a un gradiente de fuerza y la cobertura no se rompe), tenacidad (es la energía de deformación total que puede absorber o acumular un cuerpo antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto) y ductilidad (capacidad de deformarse sin romperse) disminuyen generalmente con el aumento de la porosidad. Los grados de porosidad y densidad se ven afectados por los ingredientes, la calidad de la harina, la fórmula, las condiciones del proceso (Mallikarjunan *et al.* 2009, Chen *et al.* 2011).

Textura. El tipo de miga, el tamaño de partícula, la porosidad, la forma y la absorción son los principales factores que contribuyen a la textura. Las migas gruesas y densas pueden ser aceptables cuando el alimento se calienta en el horno y se desea un aspecto no graso. Las migajas densas tienden a absorber menos aceite cuando se pre-fríen. Sin embargo, este tipo de miga, cuando se fríe, puede tener una textura inaceptablemente dura. Las migas gruesas y porosas, tanto para aplicaciones de frituras como para hornear, generalmente proporcionan texturas crujientes. En algunos casos, sin embargo, cuando el recubrimiento está presente a niveles bajos, el material fino puede ser insuficiente para retener el aceite, y la superficie puede parecer excesivamente «húmeda» (Chen *et al.* 2011).

Color. Es considerado como uno de los atributos más importantes para los productos empanizados, siendo el marrón dorado el color más popular para los alimentos fritos. El desarrollo del color de la corteza del empanizado, depende en su mayoría al proceso de caramelización (reacción de Maillard) que sufren los agentes colorantes (carbohidratos, las proteínas y azúcares reductores añadidos) oscureciendo la corteza y añadiendo sabores característicos. La calidad y la velocidad del desarrollo del color del empanizado depende de los niveles apropiados de azúcares reductores, tipo de agente colorante, formulación, proceso de freído (tiempo y temperatura) y tamaño del sustrato (Kerry 2014, Mallikarjunan *et al.* 2009, Chen *et al.* 2011).

Apariencia de superficie seca. Los consumidores tienen gusto de los alimentos fritos, pero no aceptan un aspecto grasiento. Una superficie visualmente seca de un recubrimiento se asocia generalmente con una percepción de bajo contenido de aceite, pero esto puede no ser atractivo si resulta en un color opaco. El espesor del revestimiento, que tiene un efecto principal sobre la sequedad, es una función de la relación superficie-volumen y el nivel de recogida deseado para un alimento específico. Un aspecto muy aceitoso puede ser compensado por la selección de una miga no porosa, de tamaño medio de partícula, con una masa adhesiva que se ajusta tempranamente para formar una película, reduciendo de este modo la absorción de aceite (Chen *et al.* 2011).

Flavor. Se denomina «flavor» a la sensación producida por los compuestos químicos presentes en un alimento cuando impresionan simultáneamente los sentidos del gusto, olfato y tacto durante la masticación. En productos empanizados, flavor es utilizado para denotar la relación del gusto (sabor) y el olor. La textura y la porosidad de la miga afectan la percepción del sabor, ya que pueden influenciar sobre la cantidad de aceite absorbido durante la fritura, lo que, de hecho, cambia la forma en que se percibe el sabor. Demasiada absorción de grasa se asocia con un sabor grasiento, pero con un impacto de sabor prolongado. Poca grasa hace la percepción del producto como seco con sabor áspero (Chen *et al.* 2011, Mallikarjunan *et al.* 2009).

Con respecto al olor, los empanizadores durante el proceso de freído pueden potenciar la mezcla de las especias traduciéndolas en un olor característico y llamativos. Sin embargo, durante el proceso de freído, se incurre el riesgo de generarse ácidos grasos de cadena corta o media, los cuales pueden generar malos olores en el alimento empanizado (Chen *et al.* 2011, Guerrero 2005).

2.8.8. Problemas de los productos empanizados

Uno de los mayores problemas durante el proceso de empanizado es la falta de adhesión de las coberturas (pre-dust y empanizador) con el sustrato. Esto se debe a un exceso de humedad en la superficie del mismo, exceso de leudantes (sustancias químicas o biológicas otorgan a las masas textura porosa y ligera mediante la producción de gas carbónico durante el horneado), presión inadecuada, batter de secado rápido o de baja viscosidad (Kerry 2014).

Desde el punto de vista técnico, la falta de crocantes y desprendimiento del empanizador del sustrato son problemas que tienen raíz en el proceso. Debido a la carencia de una miga en la formulación, exceso de humedad en la cobertura verdadera (empanizador), baja temperatura

de freído, leudantes inadecuados o mal balanceados en la formulación y cristales de hielo sobre el sustrato, ya que estos son puntos de control durante el proceso de elaboración y son determinantes en la calidad del producto empanizado (Chávez y Beder 2013, Kerry 2014, FoodNewlyweds 2011).

Otro problema técnico que afecta la calidad del producto empanizado es el color frito muy oscuro. Esto se debe al abuso del congelado y descongelado del sustrato, por la formación de cristales que deforman la firmeza del sustrato. También el exceso de azúcares reductores y ácidos grasos libres en el aceite que aceleran la formación de colores marrones oscuros o quemados durante el proceso de freído. Asimismo, temperaturas y tiempo de freído inadecuados (Kerry 2014).

2.9. El proceso de aceptación de los alimentos empanizados

Básicamente, la aceptación de los alimentos es el resultado de las características del alimento (composición química, estructura y propiedades físicas). Por otro, las del consumidor (genéticas, fisiológicas y psicológicas) y del entorno que le rodea (geográficos, religión, educación, moda, precio, conveniencia de uso). Influyen en la aceptación de un alimento. De una forma simplificada, se puede considerar que la percepción de un alimento es el resultado conjunto de la sensación que éste le provoca y de cómo él la interpreta. La sensación que se experimenta es la respuesta a los estímulos procedentes de los alimentos y el proceso de interpretación incluye referencias a informaciones o situaciones previas almacenadas en la memoria, que modulan la sensación percibida antes de decidir la aceptación o rechazo del alimento (Bellisle 2003).

2.10. Pruebas de aceptabilidad de alimentos

Las pruebas de aceptación también se conocen como de nivel de agrado (hedónicas) Se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo permiten medir cuánto agrada o desagradado dicho producto. A continuación, se presentan los dos tipos de pruebas más utilizadas:

Prueba Hedónica (escala de cinco puntos), es una escala bipolar, recomendada para la mayoría de estudios, o en proyectos de investigación estándar, donde el objetivo es simplemente determinar si existen diferencias entre los productos en la aceptación del consumidor. A los panelistas se les pide evaluar muestras codificadas, indicando cuánto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala (Ramírez 2012).

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta ", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta". Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts *et al.* 1992).

Utilizando una Escala de cinco Puntos, a los panelistas se les pide evaluar las muestras codificadas, indicando cuanto les agrada cada muestra en una escala de 5 puntos. Para ello los panelistas marcan una categoría en la escala, que va desde "me encanta" hasta "me desagrada". En esta escala es permitido asignar la misma categoría a más de una muestra (Watts *et al.* 1992, Ramírez 2012) .

Las muestras se presentan en recipientes idénticos, y codificados. El orden de presentación de las muestras puede ser aleatorizado para cada panelista o de ser posible, balanceado. En un orden de presentación balanceado, cada muestra se sirve en cada una de las posibles posiciones que puede ocupar (primera, segunda, tercera), se pueden presentar todas al mismo tiempo o una a una; la presentación simultánea de las muestras es preferible ya que, es más fácil de administrar y permite a los panelistas volver a evaluar las muestras si así lo desean y además, hacer comparaciones entre las muestras (Watts *et al.* 1992, Bellisle 2003).

En el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos de uno a cinco, donde uno representa "me desagrada" y cinco representa "me encanta". Los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados (Watts *et al.* 1992).

Prueba de ordenamiento por preferencia. En esta prueba se les pide a los panelistas que ordenen las muestras codificadas, en base a su aceptabilidad. Cada muestra recibe un número diferente. Todas las muestras se presentan simultáneamente a cada panelista. Los datos se analizan, sumando el total de los valores de posición asignados a cada muestra y determinando las diferencias significativas entre muestras comparando los totales de los valores de posición de todos los posibles pares de muestras utilizando la prueba de Friedman (Watts *et al.* 1992, Ramírez 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología de campo

3.1.1. Elaboración de la harina de plátano

Materia prima:

- 150 plátanos verdes

Materiales utilizados:

- Rebanador
- 8 Bandejas de aluminio
- 2 Bandejas para picar
- Huacal
- Tamices

Equipos y reactivos:

- 2 Estufas de aire forzado (Universal oven; rango de temperatura ambiente +10°C a 300°C)
- Molino nixtamal semi-industrial eléctrico
- Hipoclorito de sodio

Proceso de elaboración

Se seleccionó plátanos en estado de madurez tres, homogéneos y sin ningún tipo de daño. Posteriormente, fueron lavados y sanitizados en una solución de hipoclorito de sodio a 10 ppm, para eliminar suciedad y patógenos (figura 1).



Figura 1: Plátanos seleccionados en madurez tres y lavado de plátanos

Luego, se removió la cáscara y se prosiguió a cortar en rodajas delgadas (2mm). Posteriormente, se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 2% por un tiempo de 15 minutos, para evitar el pardiamiento de la harina con el tiempo (figura 2).



Figura 2: Plátano en rodajas y en solución de ácido cítrico al 2%

Después, el plátano fue escurrido y colocado un aproximado 18 libras de plátano por bandeja de aluminio hasta formar una capa de seis centímetros a manera de lograr un deshidratado uniforme. Finalmente, se deshidrató el plátano en estufa a 65°C por 24 horas, para luego ser molido (figura 3).



Figura 3: Bandejas con plátano en estufa y proceso de molienda de plátano deshidratado

Obtenida la harina, se realizó un tamizado, en donde el punto de retención fue en el tamiz de ocho pulgadas, N°325 con luz o granulometría de 0.045mm. Finalmente, esta se empaco en bolsas plásticas tipo ziploc, se pesó y almaceno.



Figura 4: Tamizado de harina de plátano y empacado

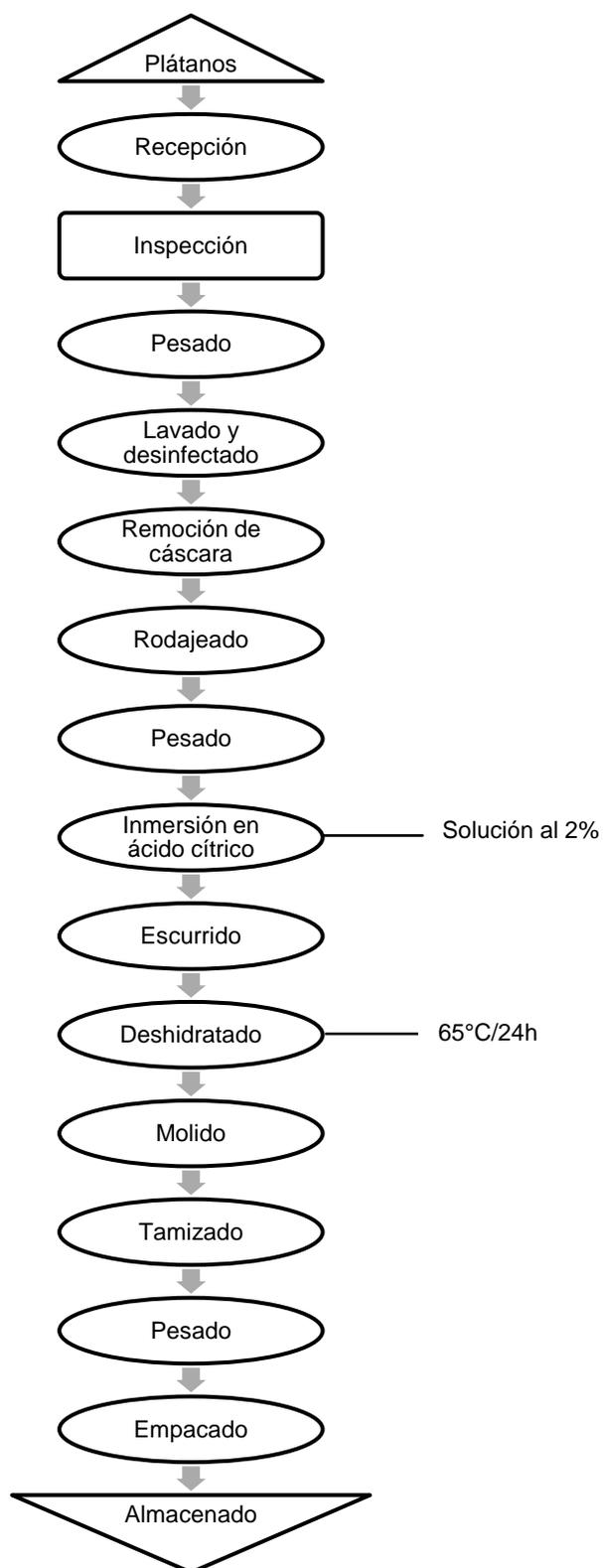


Figura 5: Flujograma de proceso de elaboración de harina de plátano

3.1.2. Elaboración de miga de pan

Insumo:

- Pan francés deshidratado

Equipos:

- Horno tostador eléctrico pequeño de uso doméstico Durabrand
- Procesador de alimentos tipo molinillo Proctor Silex

Materiales:

- Colador
- Bandejas

Proceso de elaboración

El pan se expuso a una temperatura de 175°C en un horno eléctrico por un periodo de una hora, con el propósito de eliminar la humedad y evitar la formación de hongos y contaminación de la formulación.



Figura 6: Panes en proceso de deshidratado a 175°C

Posteriormente, se troceó el pan, para luego pasar por un procesador de alimentos a manera de formar la miga. Luego, se cernió la miga en un colador, para obtener una miga más fina y uniforme que fuese similar a la harina. Finalmente, la miga fue sometida a una temperatura de 175°C, en el horno electrónico por 20 minutos para eliminar la humedad restante (Elaboración propia).



Figura 7: Pan en proceso de molido, cernido y miga de pan obtenida

3.1.3. Formulación de empanizadores

Insumos:

- Harina de plátano
- Harina de trigo
- Especias
- Leudante
- Aditivos
- Colorante natural

Equipo:

- Balanza semi-analítica

Materiales:

- Bolsas de dos libras

Proceso de elaboración

Primeramente, se determinaron los porcentajes de inclusión de la harina de plátano con respecto a la harina de trigo dentro de la formulación, siendo estas 25%, 50%, 75% y 100%. Asimismo, se determinó la formulación testigo (T0), denominada así por utilizar harina de trigo, que es la más utilizada en la formulación de empanizadores. Posteriormente, se seleccionaron las especias más utilizadas en la elaboración de productos de revestimiento (empanizadores). Luego se elaboró una formulación base para los tratamientos a evaluar, considerando los porcentajes de sustitución. La composición de la formulación base y las formulaciones propuestas o tratamientos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Formulación de empanizadores

Insumos	T0%	Porcentajes de inclusión de harina de plátano			
		T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
Harina de trigo	48%	36%	24%	12%	0%
Harina de plátano	0%	12%	24%	36%	48%
Miga de pan francés	44%	44%	44%	44%	44%
Especias	4%	4%	4%	4%	4%
Aditivo	2%	2%	2%	2%	2%
Leudante	1%	1%	1%	1%	1%
Colorante	1%	1%	1%	1%	1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de plátano se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de harina de plátano} = \frac{HP * HT}{100}$$

Donde:

HP= % de harina de plátano que se quiere agregar. (25%, 50%, 75% y 100%).

HT= % total de harina de la fórmula.

Dentro de las formulaciones se consideró que el 48% de la formulación final estaría compuesta por harina de trigo u harina de plátano en 25%, 50%, 75% y 100%, y así de igual manera se realizó con los demás tratamientos. A continuación, se presenta la fórmula y un ejemplo de los cálculos:

$$\text{Porcentaje de harina de plátano} = \frac{25\% (\text{formula } 25\%) * 48\%}{100} = 12\% \text{ de harina de plátano}$$

Teniendo los porcentajes reales con respecto a la formula, se prosiguió a pesar cada materia prima en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. (Figura A-6)

3.1.4. Elaboración de pollo empanizado

Insumos:

- 18 lb de pollo
- Empanizador
- Aceite

Materiales a utilizar:

- Bandejas
- Freidora semi-industrial de uso doméstico Hamilton Beach
- Utensilios de cocina

Procedimiento

Se utilizó para ello pechugas de pollo las cuales fueron troceadas y empanizadas.



Figura 8: Pollo troceado y empanizado

Luego se congelaron a una temperatura de 0 a -2 °C por un tiempo de 24 horas. Ulteriormente pasaron a ser freídas en una freidora semi-industrial a una temperatura de 340°C en 20 segundos (Figura 9). El tipo de freído realizado fue el de tipo profunda ("Deep frying").



Figura 9: Freído y pollo empanizado

3.1.5. Realización de las pruebas organolépticas

Se utilizaron dos tipos de pruebas sensoriales de aceptación dirigida a consumidores finales:

Prueba afectiva de tipo hedónica (escala de cinco puntos), se emplea para estimar diferencias en una característica determinada. En este caso se determinó la diferencia de cada característica entre las cuatro formulaciones con respecto a la formulación base (Ramírez 2006).

Prueba de preferencia por ordenamiento, Como su nombre lo indica, se ordenó una serie de muestras codificadas y ordenadas de izquierda (más les gusto) a derecha (la que menos gusto) y así se determinó entre los panelistas cuál muestra fue preferida (Ramírez 2006).

Materiales:

- Tratamientos
- Boletas y lapiceros
- Platos y vasos
- Rotuladores
- Servilletas

Procedimiento

Se colocaron 5 muestras codificadas (A, B, C, D, E) por plato y se prosiguió a pasar el instrumento (Figura A-7) de recolección de datos. La primera etapa de recolección de información se realizó a 20 estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Figura 10).



Figura 10: Estudiantes de agroindustria realizando prueba sensorial

La segunda etapa de recolección se desarrolló en un centro comercial de San Salvador a un total de 52 personas de diversas edades (Figura 11).



Figura 11: Prueba sensorial ejecutada en centro comercial

Finalmente, se evaluó la aceptabilidad de los tratamientos en el Complejo Educativo Reino de Suecia del municipio de Mejicanos a un total de 20 niños (Figura 12).



Figura 12: Prueba organoléptica en Complejo Educativo Reino de Suecia

3.1.6. Cálculo de rendimiento

Materiales utilizados:

- Pollo
- Tablas
- Cuchillos
- Formulaciones
- Balanza

Medición de rendimientos

El rendimiento se midió con base en la ganancia de peso. Para medir el rendimiento se cortó el pollo en cinco porciones para cada formulación, cuya sumatoria estuviese entre ± 199 - ± 200 gramos, posteriormente se tomó el peso en fresco, luego del pollo más el empanizador y se calculó los gramos utilizados para cada formulación, el peso ganado y la estimación de cuanto empanizador se necesita para empanizar una libra de pollo.

Los rendimientos se calcularon en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Peso ganado (empanizador)} = \frac{\text{Peso empanizado} - \text{Peso crudo}}{\text{Peso empanizado}} \times 100$$

3.2. Metodología de laboratorio

Luego de elaborar los empanizadores se procedió a llevar las muestras al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, siendo un total de 5 muestras de 100 gramos para el análisis bromatológico que se describe en el cuadro 2.

Cuadro 2: Metodologías de análisis bromatológico

Determinación	Análisis	Método
Humedad	Determinación de humedad parcial	Gravimétricos
Cenizas	Determinación de ceniza (Cz)	
Grasa	Determinación de extracto etéreo (EE)	Soxhlet
Proteína	Determinación de proteína	Kjeldahl
Fibra	Determinación de fibra cruda (Fc)	Van Soest
Carbohidratos	Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)	Gravimétricos

Fuente:AOAC, 2010

3.3. Metodología estadística

3.3.1. Análisis sensorial

Las pruebas sensoriales proveen datos de categorización ordinal de preferencia para cuatro características (Olor, Sabor, Color y Textura).

3.3.2. Análisis Exploratorio de Datos

Se realizaron Análisis de Correspondencia Simple para observar la presencia de patrones generales de asociación entre los niveles de preferencia y las características sensoriales de cada formulación de empanizador. Se prepararon tablas de contingencia que resumen la cantidad de evaluadores que calificaron a cada formulación con las categorías de “Me gusta”, “Me encanta” y los que consideraron alta preferencia (Me gusta + Me encanta) con respecto a cada característica sensorial. Los análisis de correspondencia simple fueron realizados con

la función *CA* del paquete *FactoMineR* (Le *et al.* 2008), los gráficos fueron elaborados con los paquetes *factoextra* (Kassambar y Mundt 2016) y *ggplot2* (Wickham 2009).

3.3.3. Prueba de Hipótesis

La determinación de diferencias en la preferencia de las formulaciones del empanizador para cada característica evaluada, fue llevada a cabo mediante Modelos lineales generalizados mixto con distribución acumulativa y función de enlace logit. En el modelo se evaluó el impacto de la formulación del empanizador, el género del evaluador y la interacción de estos factores en la calificación otorgada para cada característica específica, los evaluadores fueron considerados como factores aleatorios. Los modelos lineales generalizados mixtos fueron estimados utilizando la función *clmm* del paquete *Ordinal* (Christensen 2015), las tablas de Análisis de Varianza fueron creadas con la función *Anova* del paquete *car* (Fox y Weisberg 2011). Posteriormente se llevaron a cabo comparaciones pareadas utilizando las prueba HSD de Tukey para datos ordinales con la función *pairwiseOrdinalPairedTest* del paquete *Rcompanion* (Mangiafiaco 2016).

3.3.4. Prueba de ordenamiento

El ordenamiento por preferencia de las formulaciones de empanizadores por parte de los evaluadores fueron analizados mediante la prueba de suma de rangos de Friedman. Las comparaciones pareadas se realizaron con la prueba de comparación múltiple de Nemenyi con aproximación para datos bloqueados sin replicación, utilizando la función *posthocfriedmannemenyitest* del paquete *PMCMR* (Pohlert 2014). Todos los análisis estadísticos fueron llevados a cabo en el programa R (R Core Team 2016).

3.4. Metodología económica

3.4.1. Estimación de costo de producción de harina de plátano

Se realizó una estimación de los costos de producción de una libra de harina de plátano, mediante la valorización del precio del plátano en libra en el mercado, deshidratado del plátano y molienda del mismo.

$$\text{Costo de harina de plátano} = \frac{\text{costo de plátanos} + \text{deshidratado} + \text{molido}}{\text{Libras producidas}}$$

3.4.2. Estimación costo de empanizadores

Se determinó los costos de las cuatro formulaciones de empanizadores, mediante la valorización del precio de los insumos para su elaboración, ulteriormente se ejecutó la marginación del costo de cada formulación con el precio de los empanizadores comerciales en el mercado, determinando así el tratamiento más rentable.

EL costo de las formulaciones se sacó en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de empanizador} = \frac{\sum \text{de costos de materias primas}}{\text{Libras producidas}}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis bromatológico

En el cuadro 3, se presenta el análisis bromatológico efectuado a la harina de plátano, tratamiento «0» y tratamiento «4».

Cuadro 3: Análisis bromatológico de harina de plátano y formulaciones

Análisis Bromatológico						
Muestras	Humedad %	Cenizas %	Proteína %	Grasa %	Fibra Cruda %	Carbohidratos (ELN) %
Harina de plátano	2.46	3.43	4.95	1.02	0.34	90.26
T0	2.07	7.62	14.86	3.29	0.00	74.23
T4	2.44	7.45	9.86	3.00	0.18	79.51

La harina de plátano posee mayor cantidad de contenido de cenizas, fibra cruda y ELN que la harina de trigo (0.4%,0.2% Y 87.53%), en lo que se traduce como un alimento rico en fibra, minerales y energía. No obstante la harina de trigo posee mayor contenido de proteínas (13.5%), debido a que la proteína más representativa es el gluten, la cual no se encuentra presente en la harina de plátano.(Ribas y Cerver 2007).

En el tratamiento de 0% de harina de plátano (T0), es rico en proteína y grasa, ocasionado por la inclusión de harina de trigo y miga de pan. En cambio, la formulación de 100% de harina de plátano (T4), presenta, porcentaje de fibra cruda mayores que el tratamiento T0, debido al tipo de almidón resistente de la harina de plátano. Asimismo, menor porcentaje de grasa. Con respecto a los carbohidratos presentes, no sólo proporcionan una fuente de energía, sino que también conceden características tecnológicas en términos organolépticos, es decir, mejora la textura al paladar (Zandonadi et al. 2012, Hernández y Jiménez 2010).

Convirtiendo a la harina de plátano en un insumo atractivo para el consumidor, mediante la idea de un alimento rico en fibra, coadyuvante de la digestión (por su almidón resistente de bajo índice hipoglucémico). Como también, rico en energía y con mejor textura.

4.2. Prueba organoléptica

4.2.1. Patrones de asociación entre formulaciones y niveles de preferencia

En las figuras 13,15,17 y 19, se observan los patrones generales de asociación entre los niveles de preferencia (no me gusta, me es indiferente, regular, me gusta y me encanta) para cada formulación, a modo de mostrar la influencia de la harina de plátano en la preferencia y forma de calificar de los evaluadores. Asimismo, estas se relacionan con la prueba de hipótesis (Figuras 14,16, 18 y 20), en las cuales se evaluó y determinó el impacto de la formulación del empanizador, el género y la interacción de estos factores en la calificación otorgada para cada característica específica, considerando para ello, a los evaluadores como un factor aleatorio.

Atributo olor

En la figura 13, se observa que la formulación 100% harina de plátano está más asociada a la calificación me encanta, siendo esta formulación diferente a las demás en cuanto a este atributo. Con respecto a la formulación de 75% plátano se asocia en cierto grado a la calificación me encanta, pero también a la calificación de indiferente, seguido a éstas, se encuentra la formulación 0% plátano que también está asociada a “me encanta” pero en menor grado que la asociación a la calificación regular y 25% de plátano, siendo la más calificada como me gusta (Cuadro A-7).

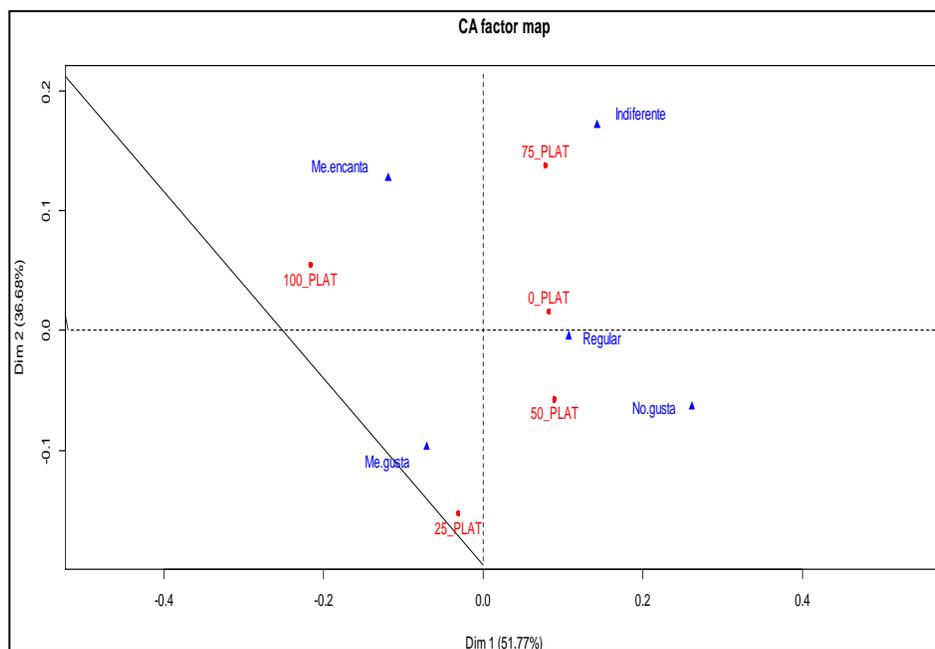


Figura 13: Biplot de patrones de preferencias para el atributo olor

Estadísticamente no existen diferencias significativas en cuanto a la preferencia del tratamiento ($LR \chi^2_4 = 8.5733$, $P = 0.0726$). Es decir, que el efecto de la harina de plátano no fue evidente en la prueba realizada y que los evaluadores no pudieron discriminar entre un tratamiento con otro. No obstante, existe una leve tendencia sobre la preferencia por la formulación 100% de harina de plátano en cuanto al olor (Figura 14).

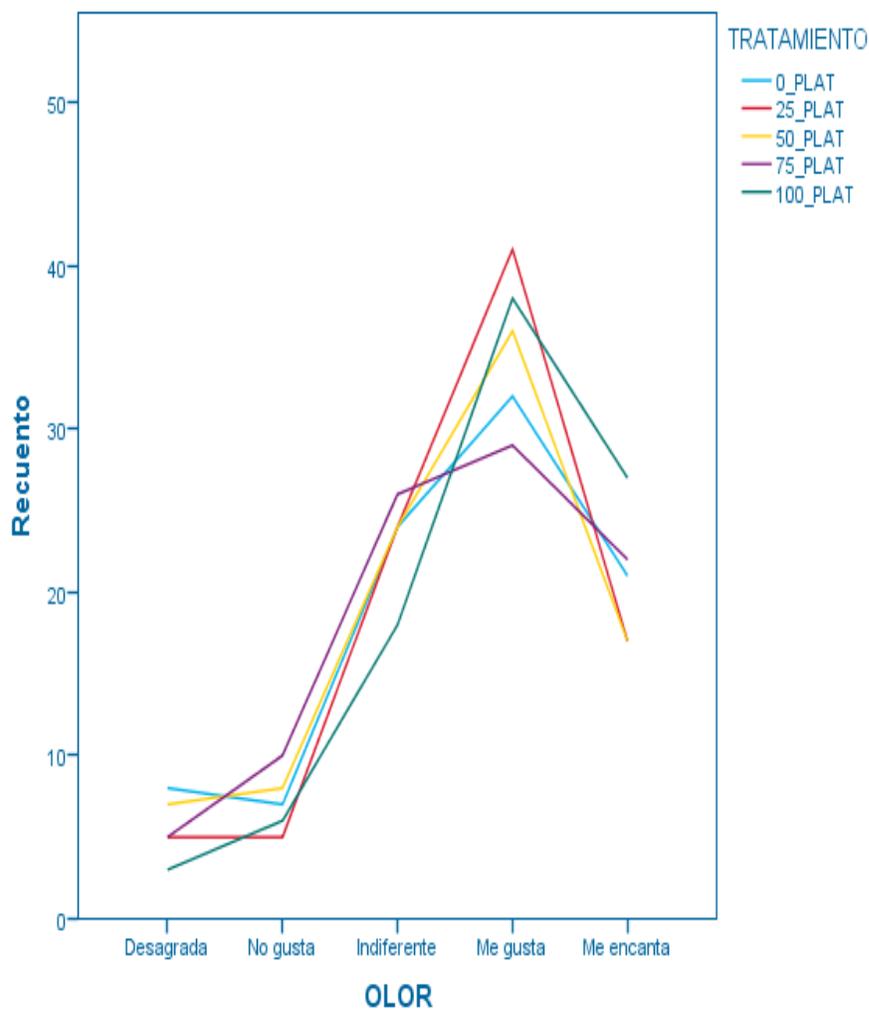


Figura 14: Recuento de calificaciones para el atributo olor

Atributo color

En la figura 15, la formulación 0% de harina de plátano se asocia más a la calificación me encanta y me gusta, siendo la diferente a las demás. Asimismo, las formulaciones 50% y 100% de harina de plátano se relacionan a esta calificación, pero en menor medida, ya que se relacionan más a las calificaciones de regular y me gusta. La formulación 25% de harina se vincula a las calificaciones de me gusta, no me gusta e indiferente y la formulación 75% de harina de plátano a regular (Cuadro A-8).

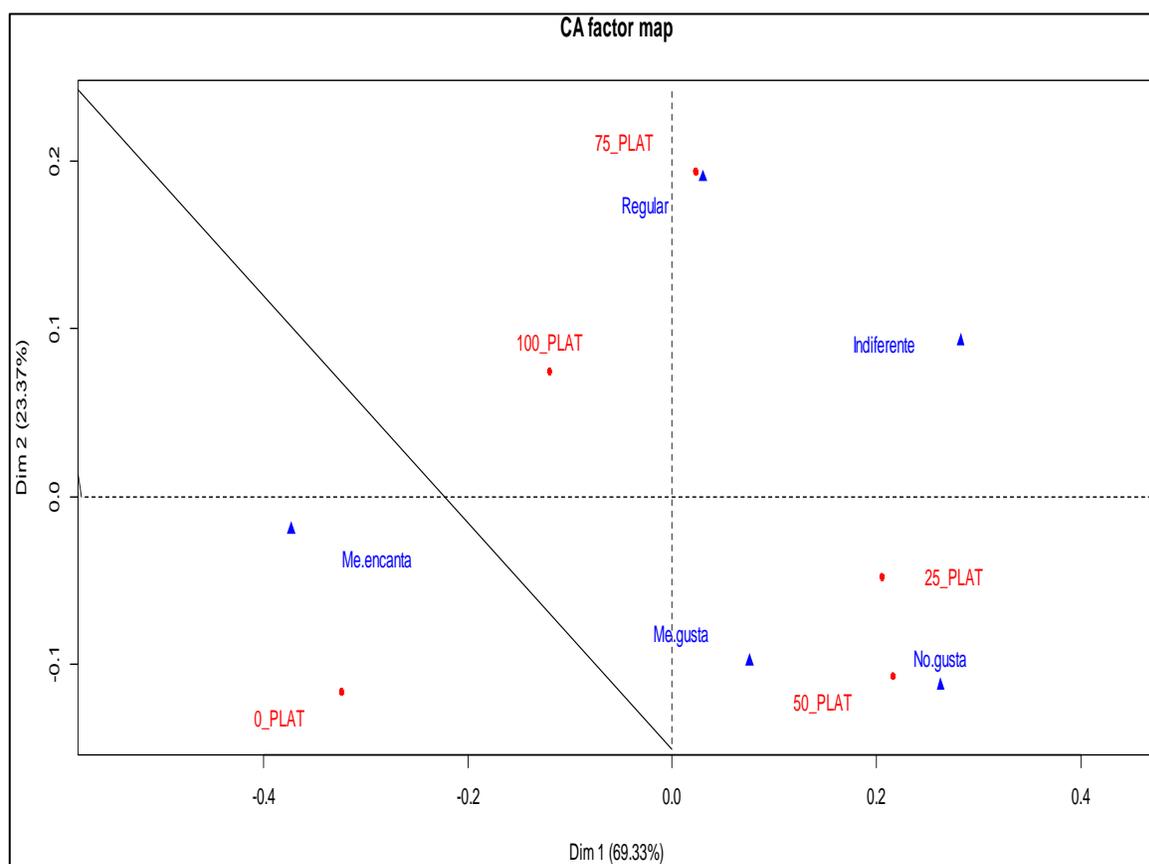


Figura 15: Biplot de patrones de preferencias para el atributo color

Estadísticamente existen diferencias significativas ($LR \chi_4^2 = 13.3715$ Pr= 0.0095), es decir que el efecto de los tratamientos sobre los evaluadores fue evidente para la prueba realizada. Resultando la formulación 0% la más preferida sobre las demás para el color. Evidenciándose esta tendencia en la figura 16.

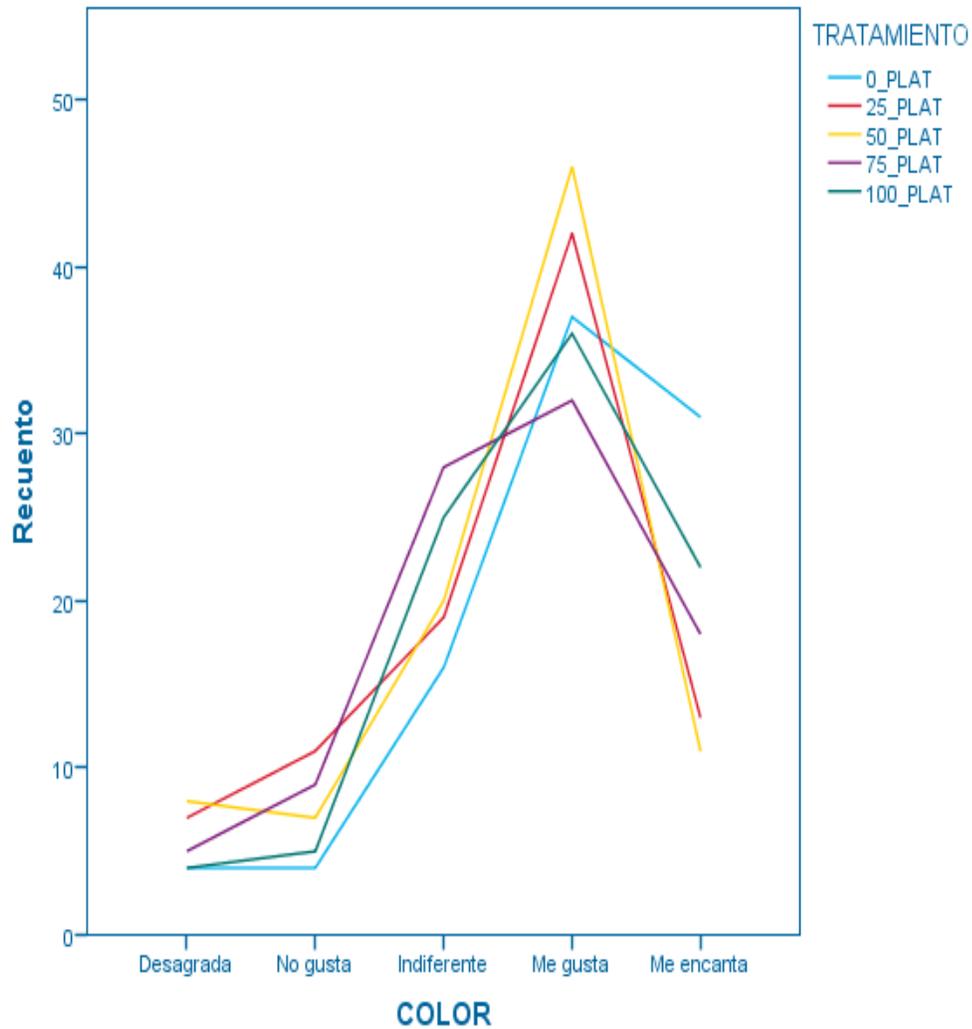


Figura 16: Recuento de calificaciones para el atributo color

Atributo sabor

La figura 17, muestra que, la formulación 0% de harina de plátano está asociada a la calificación “me gusta”. Asimismo, las formulaciones 25% y 100% de harina de plátano están relacionadas a esta calificación. No obstante, la formulación 100% de harina de plátano se relaciona en mayor medida a la calificación me encanta en menor medida a regular. La formulación 75% plátano tiende a la calificación de “me gusta” y en cierto grado a la calificación “regular”. En cambio, la formulación de 50% de harina de plátano se relaciona a las calificaciones de indiferente y me gusta, pero en menor medida (Cuadro A-9).

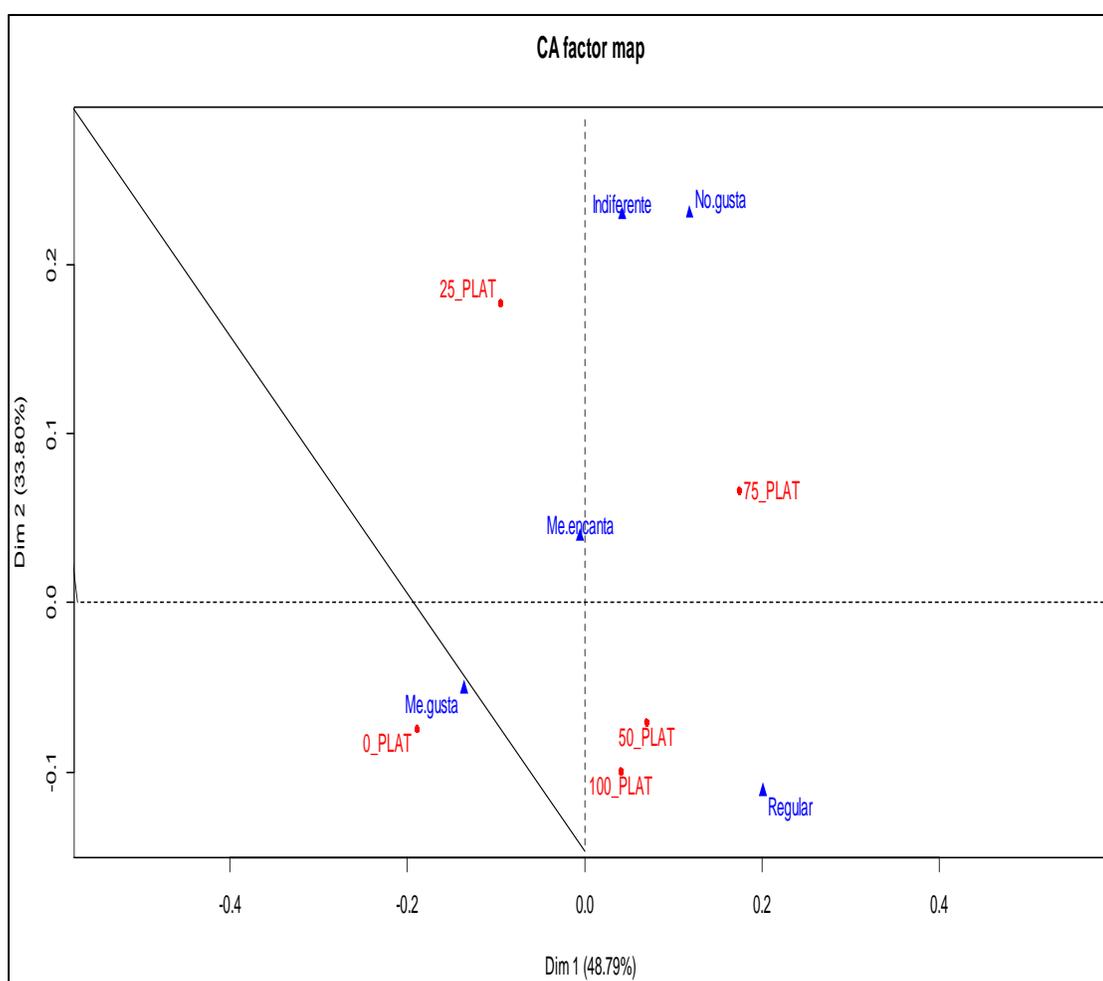


Figura 17: Biplot de patrones de preferencias para el atributo sabor

A pesar que, la formulación 0% de harina de plátano fuese la preferida para este atributo, estadísticamente no es significativo ($LR \chi^2_4 = 4.7428$ Pr= 0.31471). Es decir, el efecto de los tratamientos no fue evidente en la prueba realizada. Sin embargo, el Análisis de Correspondencia muestra una tendencia a la formulación 0% de harina de plátano como se observa en la figura 18.

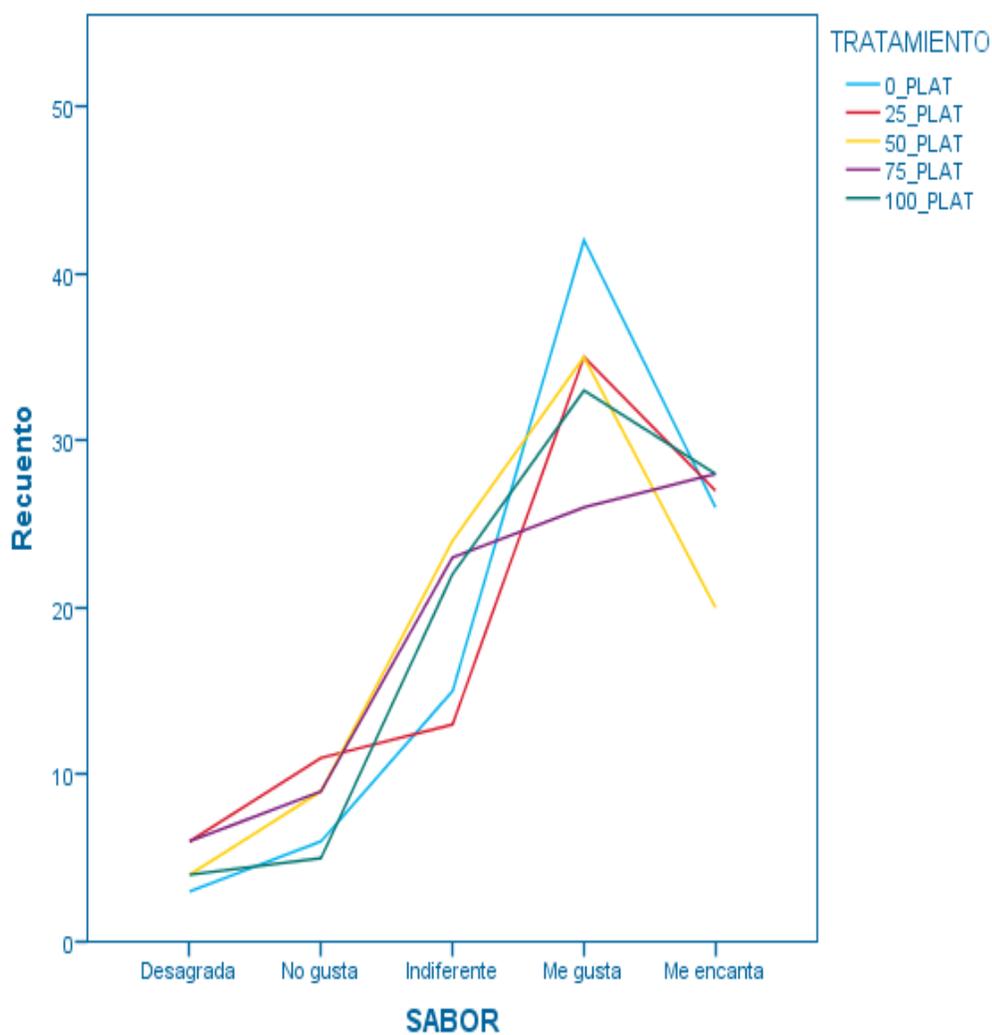


Figura 18: Recuento de calificaciones para el atributo sabor

Atributo textura

En la figura 19, la formulación 100% de harina de plátano posee mayor relación con la calificación me encanta, seguido de la calificación me gusta. Seguido de la formulación de 0% de harina de plátano se asocia a las calificaciones de “me gusta y encanta” pero en menor grado que la formulación 100% de harina de plátano. Sucesivamente la formulación 75% de harina de plátano tiende a la calificación me gusta, pero en menor medida en comparación que las formulaciones 100% y 0% de harina de plátano. La formulación 50% de harina de plátano se relaciona fuertemente con la calificación regular y en cierta medida a la calificación me gusta. En cuanto a la formulación 25% de harina de plátano, se asocia a la calificación de indiferente (Cuadro A-10).

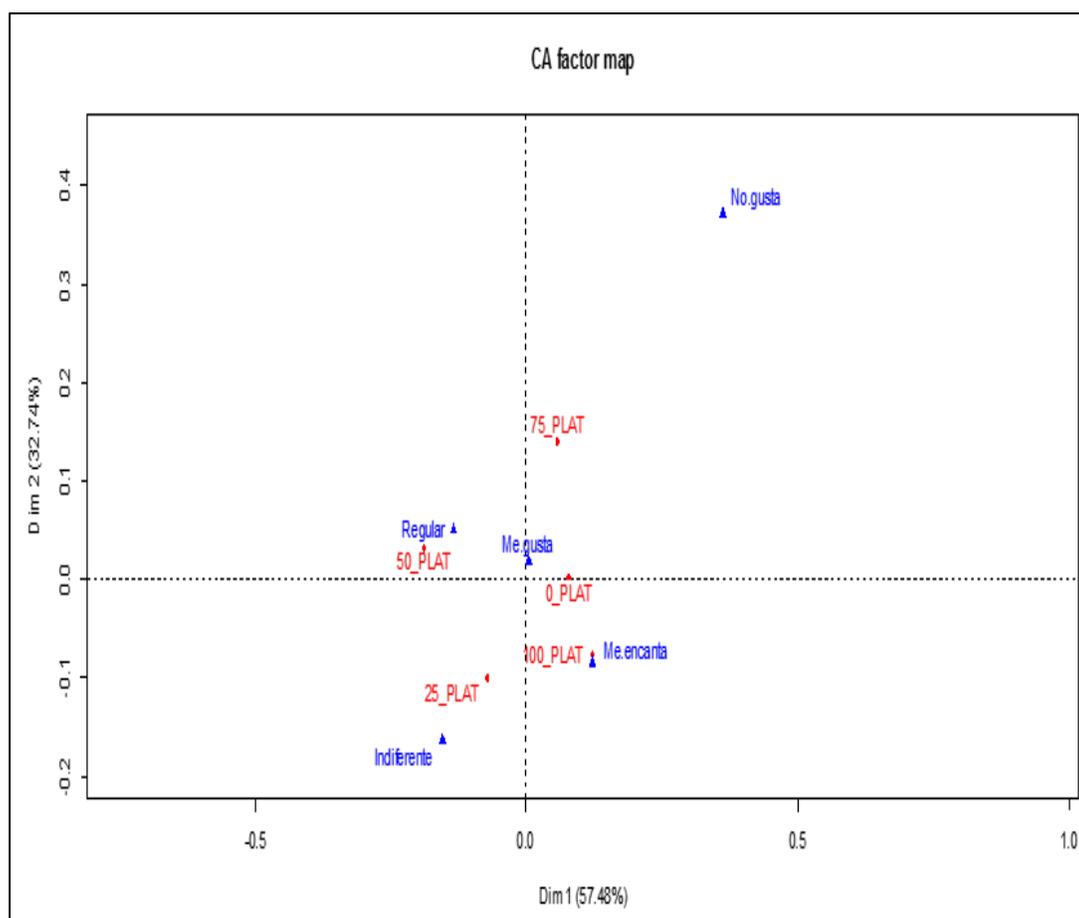


Figura 19: Biplot de patrones de preferencias para el atributo textura

Estadísticamente no existen diferencias significativas ($LR \chi^2_4 = 4.3545$ $Pr=0.36014126$), es decir, el efecto de los tratamientos no fue evidente en la prueba realizada. Sin embargo, el Análisis de Correspondencia muestra una tendencia a preferir la formulación 100% de harina de plátano en cuanto a textura evidenciándose en la figura 20.

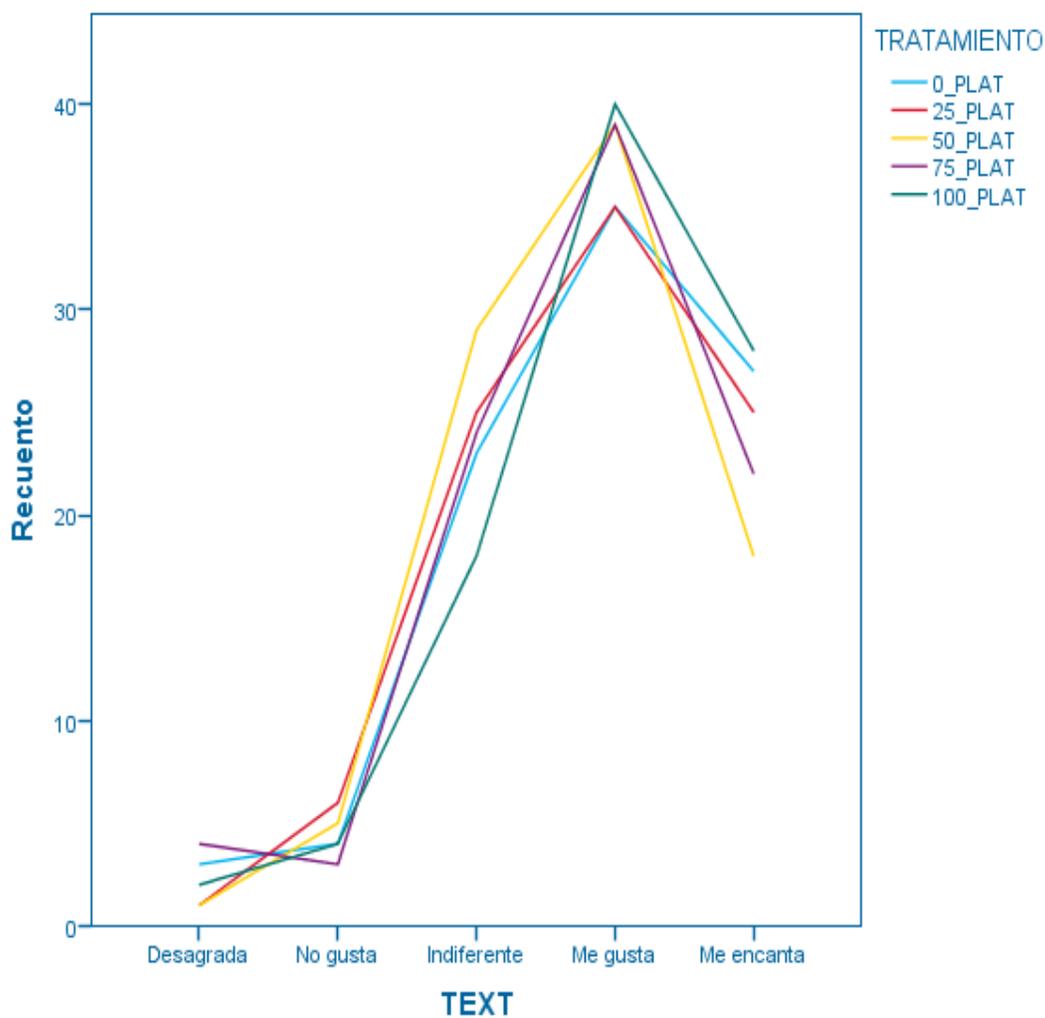


Figura 20: Recuento de calificaciones para el atributo textura

4.2.2. Patrones de asociación entre atributos y tratamientos

En las figuras siguientes se muestran los patrones generales de asociación entre los atributos organolépticos (olor, color, sabor y textura) con cada formulación. Es decir, que se observa que atributo fue el más sobresaliente para cada formulación en cuanto a sus máximas preferencias (me gusta y encanta) y menos sobre saliendo de acuerdo a su baja preferencia.

Me gusta

La figura 21, muestra la formulación conteniendo 0% harina de plátano se asocia mayormente al atributo de sabor, siendo esta formulación calificada con la mayor cantidad de me gusta. La formulación 25% de plátano corresponde en cierto grado a los tributos de color y sabor en comparación con la formulación de 0% plátano. La formulación de 50% plátano se asocia fuertemente a los atributos de olor y color, es decir, que los consumidores calificaron como agradable estos atributos para esta formulación. La formulación de 75% de plátano se relaciona únicamente a la textura y finalmente la formulación de 100% de plátano se asocia a los a tributos de olor y textura (Cuadro A-11).

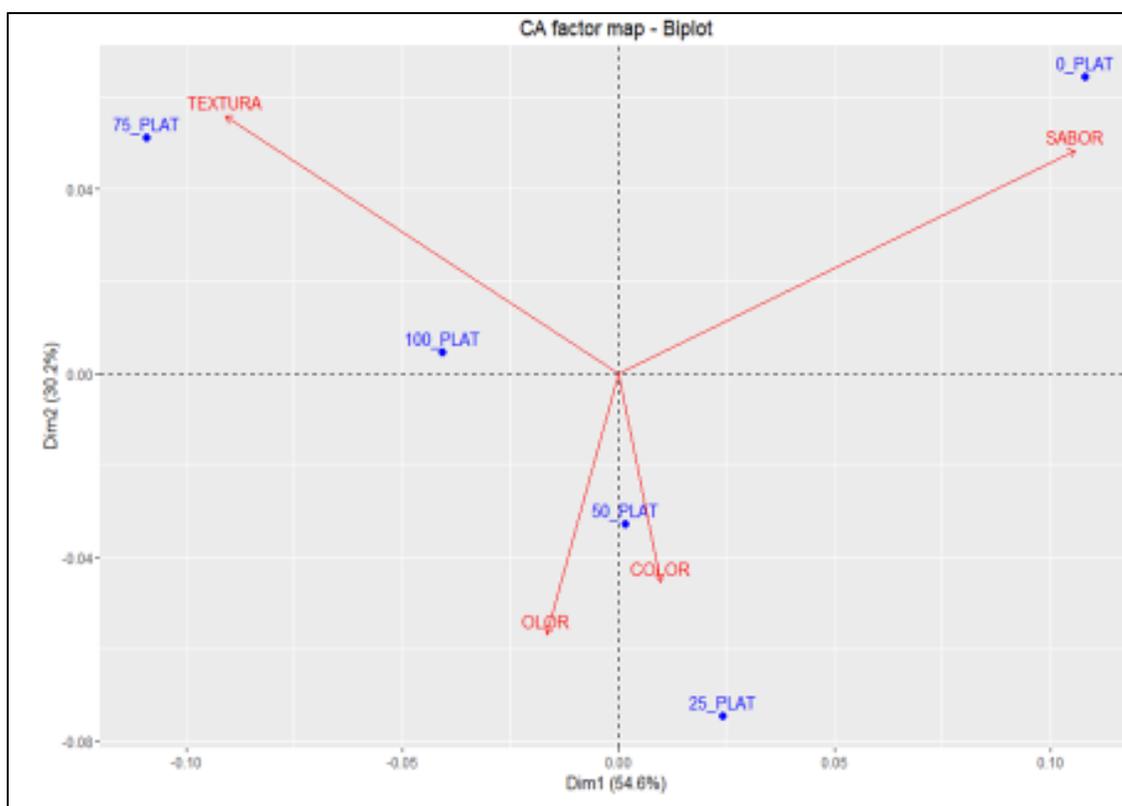


Figura 21: Biplot de calificación me gusta

Me encanta

En la figura 22, se observa que los evaluadores asociaron la formulación 0% harina de plátano con el color como su atributo principal. En cambio, las formulaciones de 75% y 100% de harina de plátano se relacionan en mayor medida con la textura y el olor. En cuanto la formulación de 50% se asocia al olor y al sabor, asimismo, pero en menor grado la formulación de 25% de plátano, la cual también está asociada a la textura (Cuadro A-12).

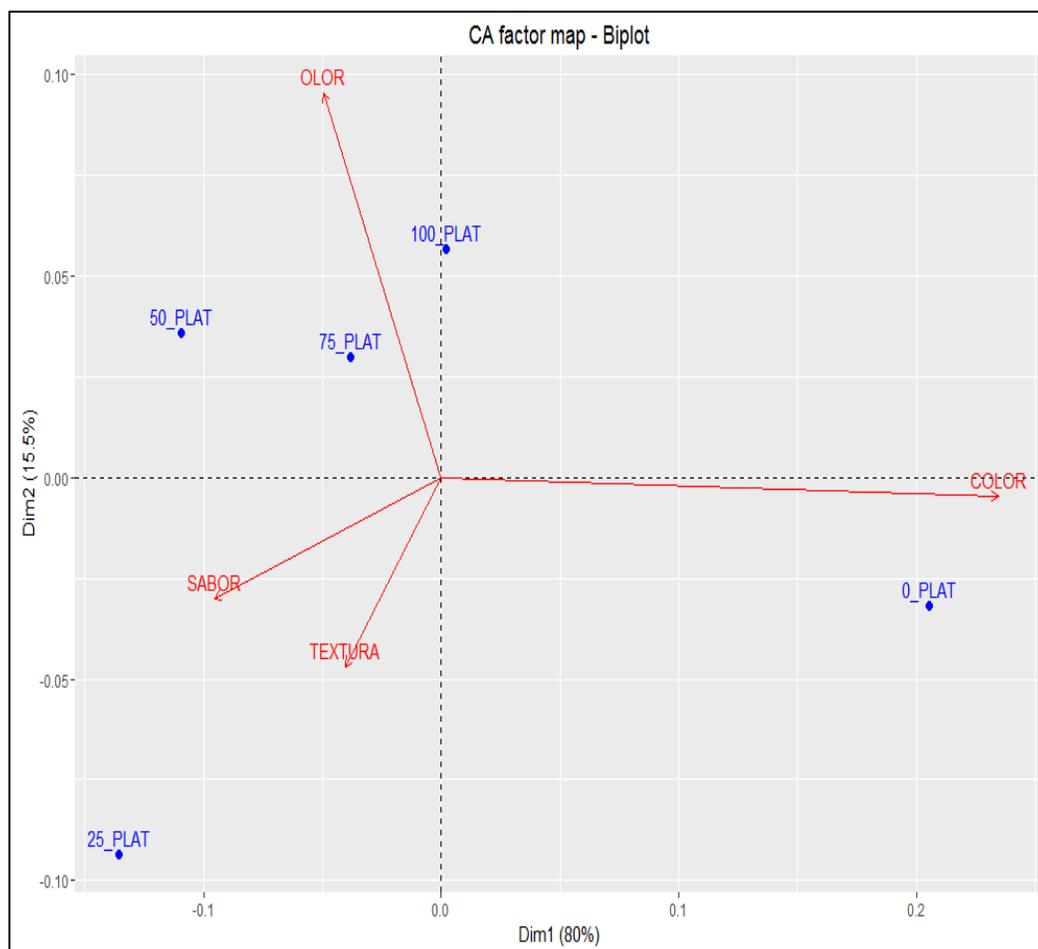


Figura 22: Biplot de calificación me encanta

Máxima preferencia

En la figura 23, la formulación 0% de harina de plátano, se asocia con alta preferencia por sus atributos de color y sabor, de igual forma la formulación 50% de harina de plátano está asociada a preferencia alta en el atributo de sabor y en cierto grado a olor, la formulación de 25% de plátano se asocia en un nivel intermedio a los atributos de sabor y olor. La formulación con 100% plátano se asocia en mayor medida a la alta preferencia en los atributos de olor y en menor grado a la textura, finalmente la formulación 75% de plátano se asocia fuertemente a la alta preferencia en el atributo de textura (Cuadro A-13).

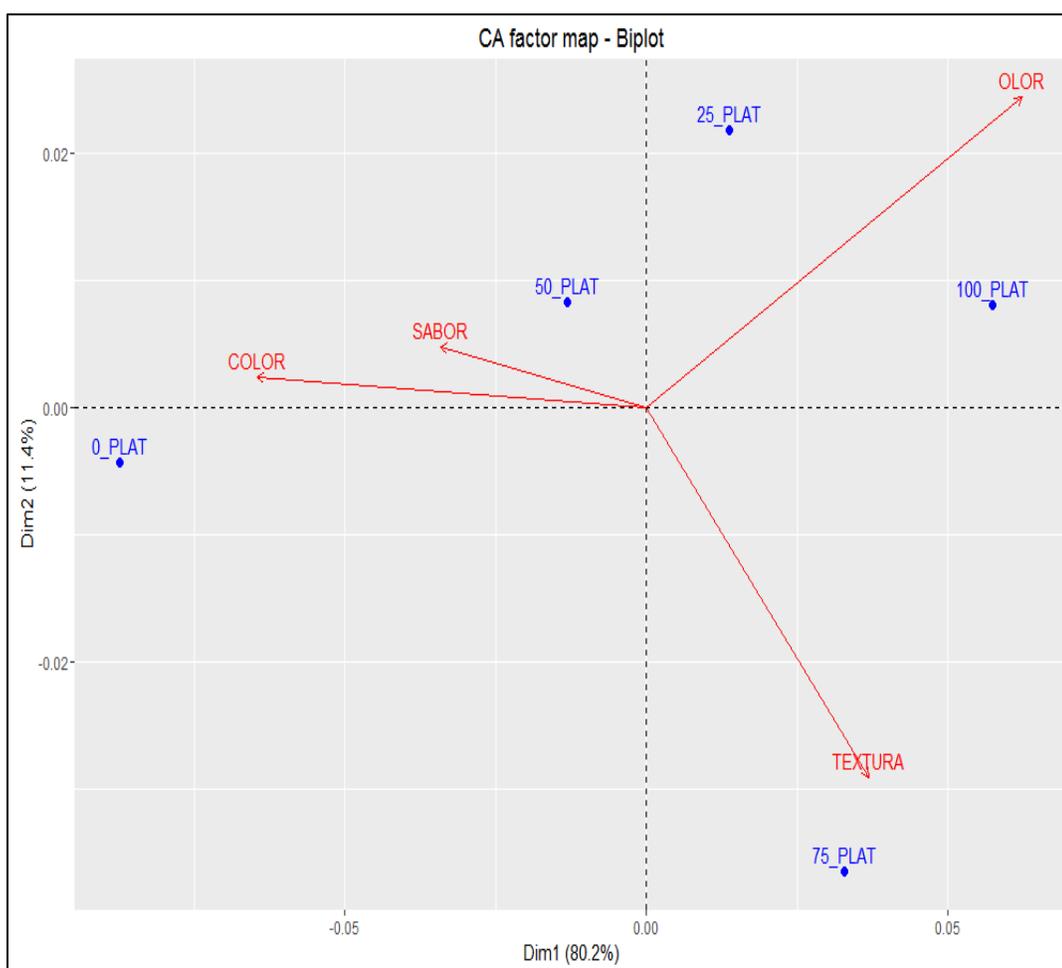


Figura 23: Biplot máxima preferencia (me gusta +me encanta)

Baja preferencia

El biplot de baja preferencia (figura 24), presenta las asociaciones de las formulaciones a los atributos que menos gustaron de cada formulación, resultando así que, la formulación 25% de plátano se relaciona negativamente a los atributos de sabor y color, mientras que la formulación 100% fue asociada con una textura no agradable, por otro lado los consumidores asociaron la formulación 0% plátano a un olor poco agradable, de igual forma, ciertos consumidores relacionaron a la formulación de 75% con el olor, sin embargo tanto el 75% y 50% plátano tuvieron menos asociaciones negativas que los demás empanizadores (Cuadro A-14).

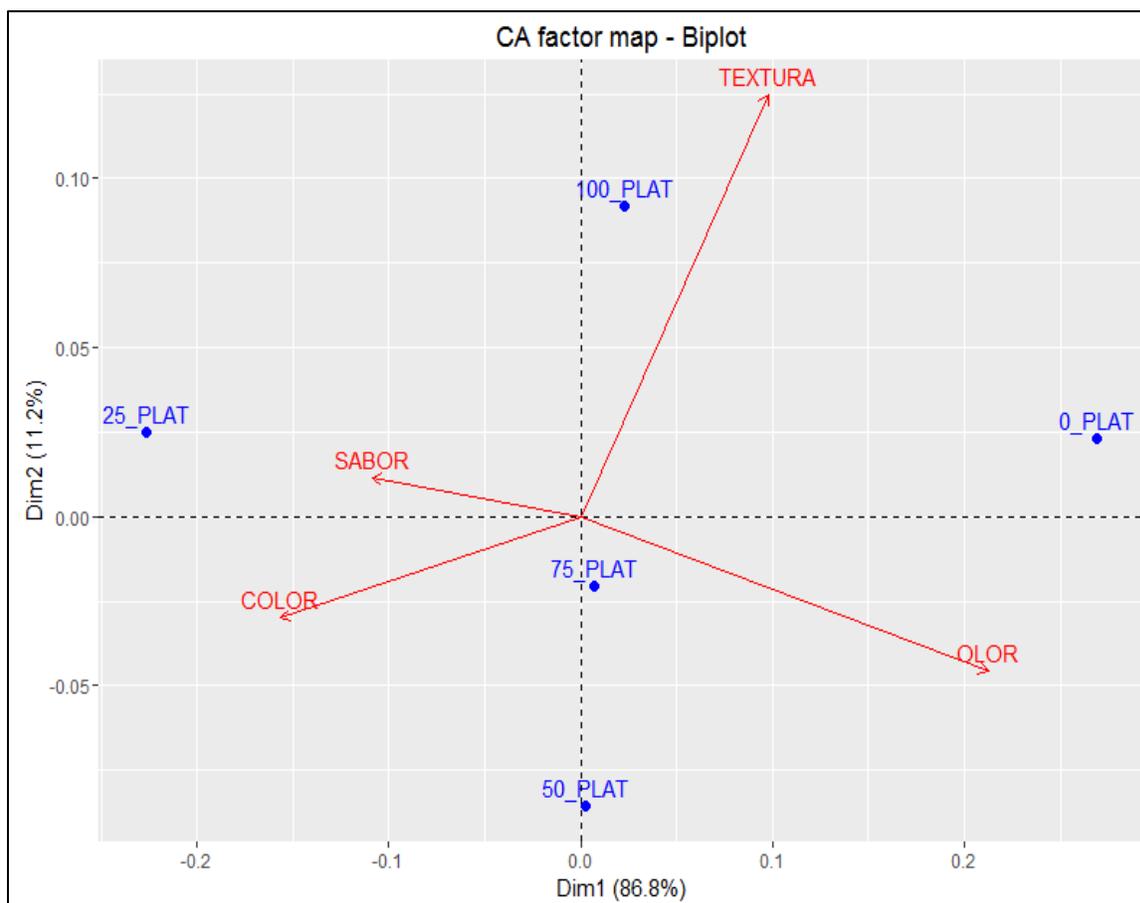


Figura 24: Biplot de baja preferencia

Al analizar la relación de los patrones de asociación entre los niveles de preferencia con las formulaciones. Como también la asociación de los atributos con las formulaciones con el recuento de las calificaciones. Se determinó, que tanto la edad y el sexo de los evaluadores no tuvieron influencia en la percepción y preferencia de las formulaciones y sus atributos. Siendo el único factor influyente sobre la percepción y preferencia, los porcentajes de inclusión (25%, 50%,75% y 100%) de la harina de plátano en los tratamientos. Estadísticamente, los atributos de olor y color presentaron diferencias significativas. Es decir, la formulación 100% harina de plátano fue percibida por los evaluadores como la mejor formulación en cuanto al olor, debido al proceso de freído se generan compuestos aromáticos característicos del plátano frito, los cuales producen una reacción en el cerebro, asociando el olor de esa formulación como familiar y agradable dando como resultado una respuesta positiva, al contrario de las formulaciones con mayor porcentaje de harina de trigo que generan ciertos ácidos grasos de cadena corta o media, los cuales pueden producir olores poco agradable (Bellisle 2003, Paola y Guerrero 2005).

En cuanto al color, la formulación 0% de harina de plátano fue la que manifestó poseer mejor color con respecto a las demás formulaciones, se debe a que los consumidores asocian los colores marrones-rojizos de la formulación testigo a los colores de empanizadores comerciales (Figura A-8 # 3 y4) (Bellisle 2003). Por otra parte, la harina de trigo posee menor cantidad de azúcares reductores que la harina de plátano, resultando en un proceso de caramelización lenta durante el proceso de freído (Chen *et al.* 2011).

Con respecto a los atributos de sabor y textura estos no fueron significativos. No obstante, existe una tendencia en la preferencia de la formulación 0% de harina de plátano verde como la más preferida para el sabor. Sin embargo, el recuento de las calificaciones muestra que las formulaciones 25% y 100% de harina de plátano poseen puntajes altos de preferencia para este atributo, por lo cual, los evaluadores no percibieron diferencia de una formulación con otra en cuanto a sabor y su calificación fue influencia por el color de la formulación (Bellisle 2003, Chen *et al.* 2011, Mallikarjunan *et al.* 2009).

A pesar de no ser significativo, la tendencia en la preferencia de textura señala a la formulación 100% de harina de plátano como la más preferida, seguida a la formulación 75%, 0% y 25% de harina de plátano. Esto se debe a las características reológicas de la harina de plátano y a las propiedades de los carbohidratos FOS (fructo-oligosacáricos) que convierten a esta harina un mejorador de textura (Hernández y Jiménez 2010, INIAP 2004, Soto 2010).

4.2.3. Prueba de ordenamiento por preferencia

Al analizar la prueba de ordenamiento por el grupo completo de evaluadores (Figura 25), no se encuentra diferencia entre las distintas formulaciones de empanizador ($X^2 = 1.7222$, $gl = 4$, $P = 0.7812$). Sin embargo, al comparar el segmento de evaluadoras femeninas (Figura 26), sí se detecta una diferencia significativa ($X^2 = 11.506$, $gl = 4$, $P = 0.0143$), observándose que la formulación de 75% plátano es consistentemente la menos preferida, siendo diferente estadísticamente con respecto a la formulación de 25% ($P=0.065$) y a la de 100% ($P=0.045$). Por otra parte, los evaluadores masculinos no mostraron diferencia significativa en cuanto a la preferencia por las formulaciones de empanizador (Figura 27) ($X^2 = 2.9542$, $df = 4$, $P=0.5655$).

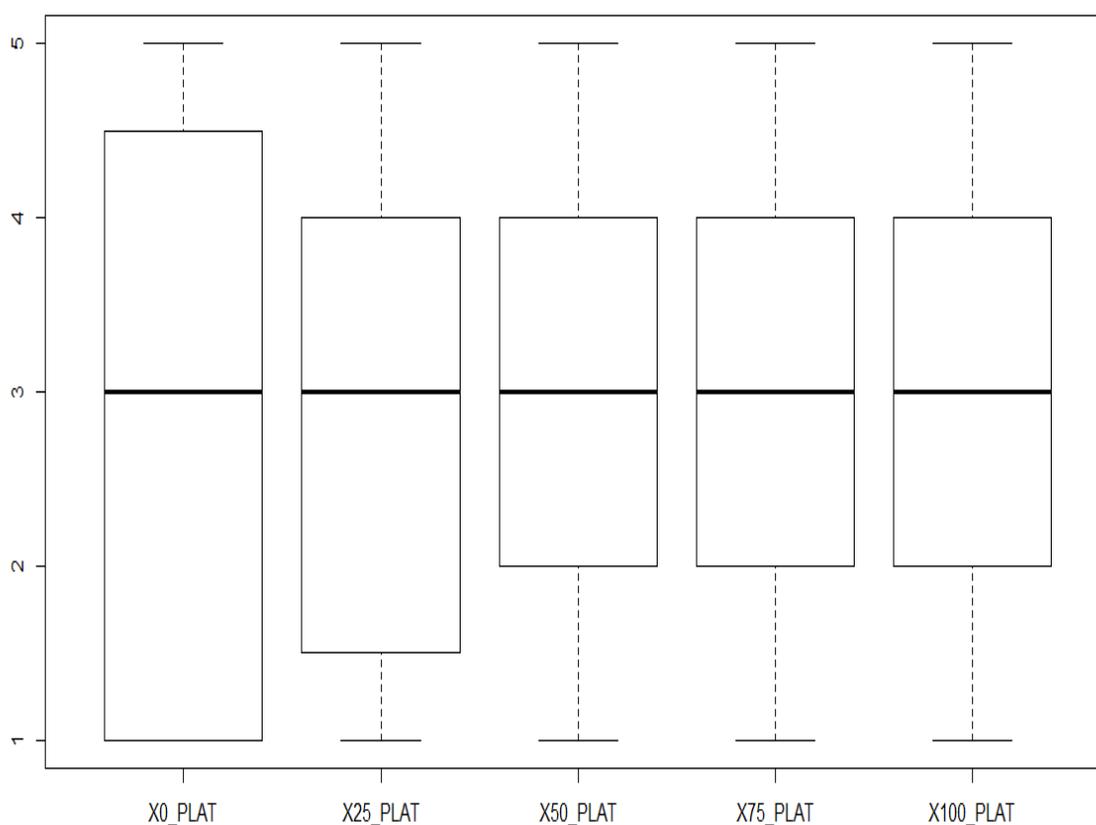


Figura 25: Box plot de ordenamiento por grupo completo

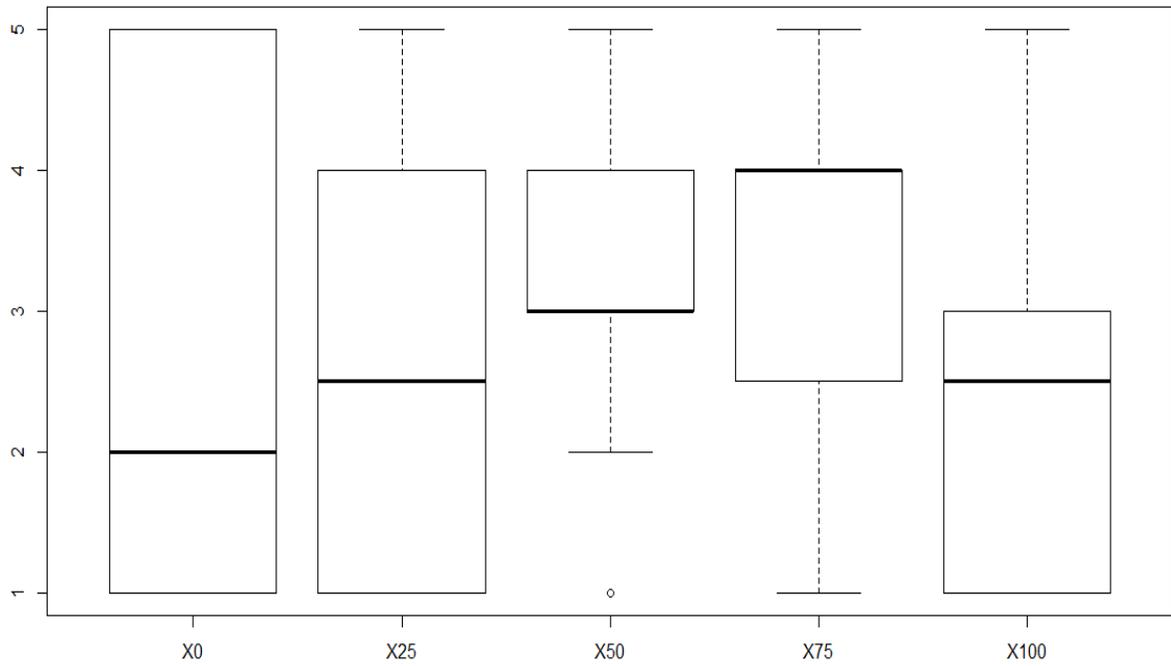


Figura 26: Boxplot de ordenamiento por preferencia panel femenino

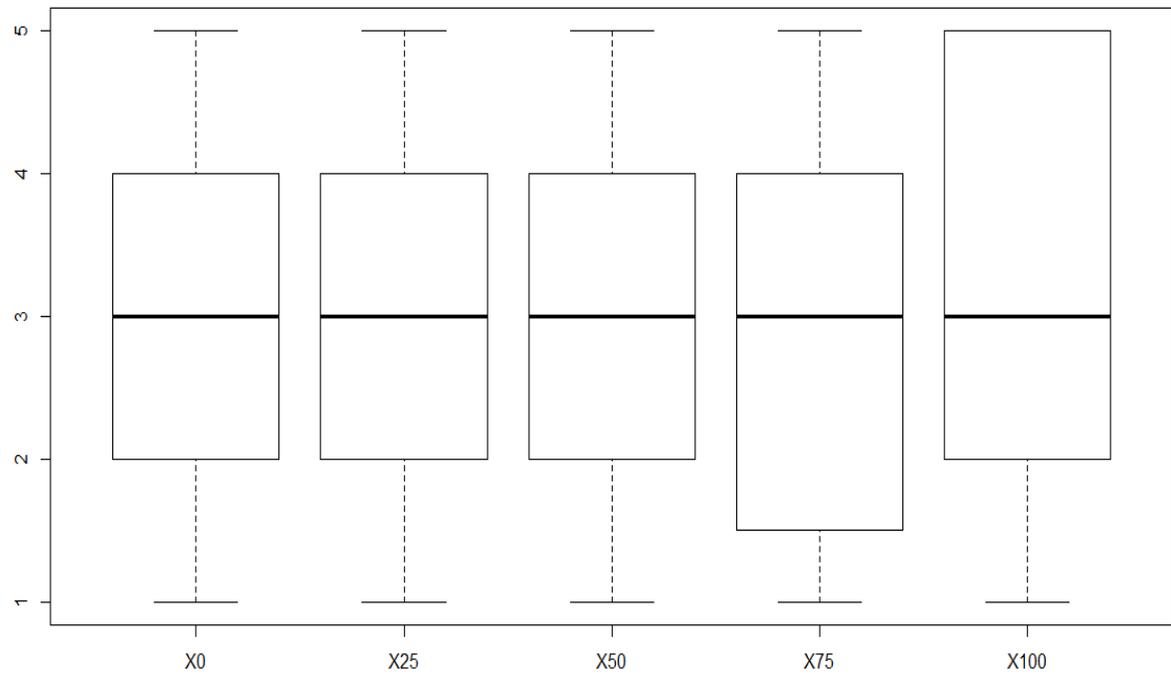


Figura 27: Boxplot de ordenamiento por preferencia por panel masculino

El grupo completo de evaluadores no presento preferencias por ninguna formulación. Sin embargo, al estudiar al grupo femenino tendieron a marcar consistentemente la formulación 75% de harina de plátano como la menos preferida y más preferidas 0%,25% y 100% de harina de plátano. Al contrario del grupo masculino, que ordenaron con igual preferencia los tratamientos. Además, se observó un comportamiento de selección aleatorio (Figura 25) por parte de los panelistas (consumidores finales). Como también, la selección bajo la preferencia de un atributo específico de alguna de las formulaciones. Es por ello, que en forma general los evaluadores no mostraron diferencia significativa en la preferencia de una formulación con otra, es decir, que podría utilizarse la harina de plátano verde como materia prima base o secundaria en la elaboración de empanizadores y sería aceptada por los consumidores(Watts et al. 1992, Ramírez 2006, Bellisle 2003) .

4.3. Rendimiento de empanizadores

En el cuadro 4, se presenta la cantidad de empanizador utilizada para una cantidad dada de pollo fresco (Cuadro A-15 y Cuadro A-16).

Cuadro 4: Rendimiento de empanizadores

Tratamientos	Pollo fresco (g)	Pollo con empanizador sin freír (g)	Gramos utilizados de empanizador	Rendimiento (%)*	Cant. de pollo que se puede empanizar (g)
0_Plátano	199.81	213.36	13.55	6.78	14.75
25_Plátano	199.59	213.98	14.39	7.21	13.88
50_Plátano	200.2	219.36	19.16	9.57	10.46
75_Plátano	200.08	216.36	16.28	8.14	12.30
100_Plátano	200.35	219.1	18.75	9.36	10.69
*Es en cuanto a ganancia de peso del pollo crudo luego de ser empanizado sin freír					

Mediante el rendimiento se mide cuanta cantidad de empanizador se adhiere al sustrato sin la utilización de un medio de cohesión o adhesión como un batter (pre-mezcla), como también el

porcentaje de ganancia de peso del sustrato. Según el cuadro 4, el tratamiento «0», puede empanizar una mayor cantidad de pollo (14.75 lb). Sin embargo, es el que presenta menor porcentaje de ganancia de peso, es decir, que posee menor adherencia a comparación a los tratamientos con harina de plátano al sustrato. Esto se debe a las características reológicas de la harina de plátano (Cuadro A-5), las cuales permiten una mejor adhesión al pollo sin la ayuda de medios externos (leche, proteínas vegetales y animales, almidones y gomas), convirtiéndola en un insumo alternativo como sustituto parcial o total en la elaboración de empanizadores para uso casero o industrial (Mallikarjunan *et al.* 2009, FoodNewlyweds 2011, Kerry 2011, Chen *et al.* 2011).

4.4. Comparación de costos

En el cuadro 13 se presenta la comparación de costos de elaboración de las cuatro formulaciones con respecto a la testigo. Considerando para ello, el precio de las materias primas en el mercado, los procesos involucrados y los porcentajes de inclusión (Cuadro A-17).

Cuadro 5: Comparación de costos de elaboración para una libra de empanizador

Insumos	T0	T1	T2	T3	T4
	Costo \$US				
H. de trigo	0.44	0.33	0.21	0.11	-
H. de plátano	-	0.28	0.57	0.85	1.13
Miga de pan	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Especias	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Aditivo	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Leudante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Colorante	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	0.75	0.92	1.09	1.27	1.44

El costo de los insumos para la elaboración de las formulaciones de empanizadores en cuanto a insumos, da como resultado que, el tratamiento T0 (0% de harina de plátano), presenta mejor rentabilidad. Debido al costo de la harina de trigo en el mercado nacional es menor. Así como también, los altos costos de producción a pequeña escala al no existir una cadena productiva establecida para la harina de plátano en el país. No obstante, el precio en mercados extranjeros como el colombiano, exportan el kilogramo de harina de plátano a 0.84 centavos americanos, cuatro centavos menos que la harina de trigo, convirtiendo a la harina de plátano en un insumo alternativo de bajo costo (QN 2016).

5. CONCLUSIONES

La inclusión de harina de plátano favoreció los valores de carbohidratos, grasa y fibra cruda del empanizador. Convirtiendo este, en un producto atractivo al consumidor final como un alimento rico en fibra cruda, energía y de bajo índice hipoglucémico.

El sexo y la edad no fueron factores influyentes sobre la preferencia de las formulaciones en ninguno de los estratos estudiados. Resultando así, que el único atributo diferente estadísticamente a los demás fue el color para el tratamiento «0». Además, los evaluadores percibieron de forma similar los atributos de olor, sabor y textura de las formulaciones.

La prueba de ordenamiento por preferencia, mostró estadísticamente que no existe preferencia por un tratamiento en específico. Es decir, que los evaluadores percibieron de forma similar las formulaciones. Dando como resultado un comportamiento de ordenamiento aleatorio.

Las formulaciones con mayor inclusión de harina de plátano presentaron mejor rendimiento en cuanto a ganancia de peso en comparación al tratamiento patrón, lo que se traduce en mayor área de cobertura, mejor cohesión y adherencia del empanizador al sustrato sin el uso de medios externos (batter).

Al no existir una cadena productiva establecida para la elaboración de harina de plátano o procesos de deshidratado de bajo costo en el país, encarece la elaboración de formulaciones de empanizadores a base de harina de plátano y lo vuelve un insumo poco rentable en la industria de revestimiento.

La harina de plátano puede ser utilizada como un sustituto parcial o total de la harina de trigo en la elaboración de empanizadores, por proporcionar propiedades nutricionales atractivas al mercado de productos ricos en fibra. Asimismo, por poseer características organolépticas similares a los productos empanizados con harina de trigo.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la harina de plátano como sustituto parcial o total de la harina de trigo en la elaboración de empanizadores. Por poseer características organolépticas similares a los revestidos con harina de trigo. Además de ser un producto potencialmente atractivo a consumidores finales por el aporte de fibra cruda.

Durante el proceso de freído se sugiere el control de temperatura entre 175°C-185°C para generar un color caramelo-rojizo similar a los productos empanizados comerciales, provocado por el pardamiento no enzimático de la harina de plátano por altas temperaturas controladas.

Evaluar, mediante investigaciones de grado la rentabilidad y aceptabilidad de la harina de plátano como empanizador para consumidores alérgicos al gluten

Realizar evaluaciones por parte de estudiantes de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en cuanto a rentabilidad, rendimiento y aceptación de formulaciones para empanizadores utilizando como base harina de cáscara de plátano verde.

Valorar la relación con mercados extranjeros para la adquisición de harina de plátano de bajo costo y de buena calidad en la elaboración de productos de revestimiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alduvín, F; Duarte, M; Zelaya, J; Machado, M. 2006. Elaboración de harina de plátano (en línea). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Consultado en agost. 2015. Disponible en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3686/1/200057.pdf>

Álvarez. C. 2014. Propiedades reológicas de frutos y masas de plátanos procesados por cocción y su relación con la modificación del almidón (en línea). Universidad del Valle

AOAC. 2010. Manual de laboratorio de análisis bromatológicos. Ciudad universitaria, SV. s.n.t. s.p. (31 p).

Araya, J. 2008. Agrocadena de Plátano. Caracterización de la agrocadena (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería. CR. Consultado en sep 2015. Disponible <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00082.pdf>

Arias, C; Toledo, J. 2007. Manejo Postcosecha del plátano (en línea) Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Consultado en oct 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>

Bellisle, F. 2005. The Determinants of Food Choice (en línea). FR. INRA. Consultado en sept. 2016. Disponible en <http://www.eufic.org/article/en/expid/review-food-choice/>

Blasco, Gómez. 2014. Propiedades funcionales del plátano (en línea). MX. Facultad de Nutrición Xalapa, Universidad Veracruzana. Consultado el sep. 2016. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2014/muv142d.pdf>

BNA (Bunge North America). 2001. Aceites de fritura (en línea). Estados Unidos. Consultado en oct. 2016. Disponible en: <http://bdnhome.com/>

Calderón, V. 2014. Elaboración de harina de plátano (entrevista). La Libertad, SV, CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal)

Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Instituto Nacional de Salud. 2009. Tablas Peruanas de Composición de alimentos. PR. Consultado en jun. 2016. Disponible en: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>

Chávez, S. 2013. Productos cárnicos empanizados y derivados de la papa (en línea). Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. PE. Consultado el 17 de jun. 2015. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/153629154/Trabajo-Empanizados#scribd>

Chen,R; Wang, Y; Dyson, D. 2011. Batter and Breading in food Processing. Chapter 10: Breadings-What they are and How they are used (en línea). Estados Unidos. AACC international. 2 edición. Consultado en nov. 2016. Disponible en <https://books.google.com.sv/books>

Christensen, R.H.B. 2015. Ordinal-Regression Models for Ordinal Data. Available at <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>.

Expofrut, sf. Plátano (banana). En línea. Consultado 15 Oct 2016, Disponible en: http://www.expofrut.com.ar/PDF/ficha_platano.pdf

FEDERADES (Federación de Asociaciones de Regantes de El Salvador). 2002. Estudio Técnico y de mercado del plátano (en línea). Unión Europea. Consultado agost. 2015. Disponible en [http://www.sanvicenteproductivo.org/est/Estudio Platano.pdf](http://www.sanvicenteproductivo.org/est/Estudio%20Platano.pdf)

Foods Newlyweds. 2011. Sistemas de coberturas (en línea). US. Consultado el 20 de jun. 2015. Disponible en www.newlywedsfoods.com/company/news/

Fox,J. and S. Weisberg. 2011. An R Companion to Applied Regression. Second Sage, Thousand Oaks (CA).

Gamble, MH; Rice, P; Selman, JD. 2007. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c. v. Record U.K. tubers. International Journal of Food Science & Technology 22(3): 233-241.

Gonzalez, J. 2003. Elaboración y caracterización de masa cocida, a partir de siete variedades de plátano y banano verde sometida a diferentes tiempos y temperaturas de cocción (en línea). Universidad Técnica Particular de Loja. Consultado dic 2015. Disponible en <https://books.google.com.sv/books>

Hernández, LM; Vit, P. 2009. El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional (en línea). Universidad de Los Andes.VE. Consultado en oct. 2016. Disponible en http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf

Hernández, P; Jiménez, M. 2010. Propiedades funcionales y aplicaciones industriales de los fructo-oligosacáridos (en línea). Universidad de las Américas. Consultado en nov 2016.

Disponible en [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf)

INIAP (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2004. Harina precocida de plátano (en línea). EC. Consultado en ene. 2017. Disponible en <http://www.iniap.gob>.

INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá) .2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (en línea). Consultado en agost. 2016. Disponible en: http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica

Kassambar, A., and F. Mundt. 2016. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Available at <http://sthda.cm/english/rpkgs/factoextra>.

Kerry, 2014. Sistemas de cobertura. Introducción a capeadores y empanizadores (en línea). US. Consultado el 20 de jun. 2015. Disponible en http://usapeec.org.mx/publicaciones/presentaciones/pdf/kerry_leonel_glez.pdf

Kumar, S; Bhowmik, D; Duraivel, S; Umadevi, M. 2012. Traditional and Medicinal Uses of Banana. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.

Le, S., J. Josse, and F, Husson. 2008. FatoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. J. Stat. Softw. 25 (1): 1-18.

Lercker, G; Pancorbo, AC. 2010. El proceso culinario de fritura y el uso del aceite de oliva en el mismo. s.l., 136 p.

Lupano, E. 2013. Modificaciones de componentes de alimentos (en línea). Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Consultado el oct. 2016. Disponible en: <https://www.biol.unlp.edu.ar/alimentosysalud/ModificacionesComponentes.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2004. Aspectos tecnológicos del plátano. Botánica del plátano (en línea). Consultado en agost 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_platano_04.pdf

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, ES). 2009-2014. Anuarios Agropecuarios (en línea). Consultado el 18 de jun. 2015. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=14:anuarios-agropecuarios&Itemid=224

Mallikarjunan, P; Ngadi, MO; Chinnan, MS. 2009. Breaded Fried Foods. Ed. CRC Press. s.l., s.e., 184.

Mangiafico, S. 2016. Rcompanion. Functions to Support Extension Education Program Education. Available at [available at https://cran.r-project.org/package=rcompanion](https://cran.r-project.org/package=rcompanion)

MIDIS (Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social). 2014. Fichas técnicas de alimentos. Ficha técnica de harina de plátano (en línea). Qaliwarma. PE. Consultado en may. 2015. Disponible en <ftp://ftpqw.qw.gob.pe/3PC/FPR.pdf>

MINEC (Ministerio de Economía). 2012. Perfil productivo del plátano (en línea). ES. Consultado el 15 de jun. 2015. Disponible en <file:///C:/Users/Fam.%20Castro/Downloads/perfil%20producto%20platano%202012.pdf>

Pacheco, E. 2001. Evaluación Nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad in vitro del almidón (en línea). Laboratorio de Bioquímica de Alimentos. Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Consultado el 17 de jun. 2015. Disponible en <http://acta.ivic.gob.ve/52-4/articulo6.pdf>

Pacheco, E; Testa, G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. Redalyc 30:

Pohlert, T. 2014. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). Available at <http://cran.r-project.org/package=PMCMR>.

QN (QuimiNet). 2016. Precios de la harina de plátano verde deshidratada – Información Comercial. Consultado 19 abr. 2017. Disponible en <http://www.quiminet.com/productos/harina-de-platano-deshidratada-42410411751/precios.htm>

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. Available at <https://www.r-project.org>

Ramírez, J. 2006. Fundamentos de Reología de Alimentos. Cali.s.e.,26.

Ramírez, J. 2015. Análisis Sensorial (en línea). Universidad del Valle. CO. Consultado el 2 de jul. 2015. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/257890512>

Ribas, J; Cerver, A. 2007. Harinas (en línea). Consultado en nov. 2016. Disponible en <http://www.cruixentbcn.cat/articulos/HARINA.pdf>

Rossell, J. 1998. Industrial Frying Process. 49 (3-4): 282-295

Saguy, I; Dana, D. 2003. Integrated approach to deep fat frying (en línea). Journal of Food Engineering. Consultado ene. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/339/33910410.pdf>

Sandoval, E; Quintero, A. 2005. Modelos reológicos aplicados a masas de trigo y maíz. Ingeniería e investigación 25(2): 87-93

Soto, V. 2010. Cuantificación de almidón total y resistente en harina de plátano verde y banana verde (en línea). Bolivia. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Bioquímica y Farmacia, Cochabamba. Consultado en ago. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v27n2/v27n2a04.pdf>

Torres, M. 2014. Harinas de frutas o leguminosas y su combinación con harina de trigo. México. Universidad de las Américas Puebla. Consultado sep. 2016. Disponible en <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Torres-Gonzalez-et-al-2014.pdf>

Venegas, O; Pérez, D; Ochoa, M. 2009. Propiedades de la harina de avena (en línea). Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. CU. Consultado dic. 2015. Consultado en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232016/232016_AVA/Unidad_3/Propiedades_funcionales_de_la_avena.pdf

Viera, P. 2005. Estabilidad de aceite de fritura en chiffles (en línea). Perú. Universidad de Piura. Consultado en nov. 2016. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1485/ING_436.pdf?sequence=1

Watts, B; Ylimaki, G; Jeffrey, L; Elías, I. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos (en línea). Consultado em dic 2015. Disponible en <https://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/12666/1/IDL-12666.pdf>

Wickham, H. 2009. ggplot2 Elegant Graphics for Data Analysis. 1st ed. Springer-Verlag, New York

Zandonadi, R; Botelho, R; Gandolfi, L. 2012. Green banana pasta: an alternative for gluten-free diets. Journal of Academy of Nutrition and Dietetics 112(7):1068-72

8. ANEXOS

Cuadro A -1: Valor nutricional del plátano verde de una porción de 100 gr

Componentes	Unidad	Cantidad		
		INCAP	Centro Nacional de Nutrición y Salud	EXPOFRUT
Agua	%	62.2	57gr	89
Energía	Kcal	132	152	74.9g
Proteína	g	1.2	1	1
Grasa total	g	0.1	0.2	0.3
Carbohidratos	g	35.3	40.9	22.8
Carbohidratos disponibles	g		38.6	
Fibra cruda	g		0.8	
Fibra Diet total	g	0.5	2.3	2.6
Ceniza	g	0.8	0.9	
Calcio	Mg	8	8	
Fosforo	Mg	40	43	
Hierro	Mg	0.8	0.50	
Tiamina	Mg	0.07	0.09	
Riboflavina	Mg	0.04	0.14	
Niacina	Mg	0.5	0.62	
Vitamina C	Mg	28	10.40	9
Vit.A. Equiv. Retinol	Mcg	130	130	
Áci.grasos mono-insat.	G			
Áci.grasos poli-insat.	G			
Ácidos grasos saturados	G			
Colesterol	Mg			0
Potasio	Mg			358
Sodio	Mg			1
Zinc	Mg		0.14	
Magnesio	Mg			27
Vit.B6	Mg			
Vit.B12	Mcg			
Frac. Comestible	%	0.66		
INCAP 2012			<i>Tablas peruanas de composición de alimentos (2009)</i>	Export fruit 2011

Cuadro A-2: Caracterización de los estados de madurez del plátano

Estado de madurez	Color de piel	Color de pulpa	Aroma	Sabor
Muy verde (1)	Verde hoja	Blanco	Sin olor	Astringente
Verde (2)	Verde	Blanco	Menos fuerte	Poco astringente
Pintón (3)	Verde amarillento	Blanco	Poco fuerte	poco dulce
Maduro (4)	Amarillo	Crema amarillenta	Fuerte	Dulce
Sobre maduro (5)	Amarillo negruzco	Amarillo	Muy fuerte	Muy dulce

Fuente: FAO. 2007

Cuadro A-3: Producción de plátano en El Salvador 2009-2014

Años	Superficie (mz)	Producción (quintales)	Rendimiento (qq/mz)	Importaciones (quintales)
2009-2010	1154	427.781	370.7	5.28
2010-2011	1285	439.121	341.7	632,474.12
2012-2013	3659	810.363	221.4	632,020.08
2013-2014	3206	758.012	236.4	21,520.9
2014-2015	3,270	801,095	245.0	4,214.40
2015-2016	3,238	779,554	240.7	749,124

Fuente: Anuarios Estadísticos Agropecuarias, DGA MAG. 2009-2014

Cuadro A-4: Valor nutricional de la harina de plátano

Componentes	Harina de plátano	
	Cruda	Precocida
Almidón (%)	71.1	66.51
Amilosa (%)	12.32	12.38
Proteína (%)	2.82	3.09
Fibra (%)	1.45	1.64
Extracto graso (%)	0.19	0.19
Calcio (%)	0.12	0.11
Fósforo (%)	0.07	0.07
Magnesio (%)	0.06	0.06
Potasio (%)	1.06	1.09
Sodio (%)	0.03	0.03
Hierro (ppm)	19.19	18.19
Zinc (ppm)	10.83	10.27
Manganeso (ppm)	3.26	2.64

Fuente: (INIAP(Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2004)

Cuadro A-5: Características físicas de la harina de plátano

Características	Plátano		Trigo
	Cruda	Precocida	
Contenido de humedad (kg agua/kg muestra)	0,12	0,12	
Capacidad de absorción de aceite (g gel/ g harina)	1.84	1.68	0.80
Absorción de aceite fritura (kg aceite/ kg masa frita)	0,28	0,25	ND
Relación amilosa/amilopectina (%)	0,17	0,17	0.4
Viscosidad máxima (RUV) (unidad rápida de viscosidad)	186.49	93.08	850*
Pegajosidad de la masa (gf) (gramos fuerza)	ND	223.24	21.179
Adhesividad de la masa (mm ²)	ND	17,15	50.79
*Temperatura de 74.85°C			

Fuente:(INIAP(Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) 2004)

Cuadro A- 6: Clasificación granulométrica de los empanizadores

Medida granulométrica	Categoría de empanizadores		
	Gruesa	Media	Fina
Tamiz de los Estados Unidos, malla	4-8	8-16	>16
Diámetro (µm)	2,400- 4,700	1,200- 2,400	<1,200

Fuente: (Chen *et al.* 2011)

Cuadro A -7: Evaluadores por nivel de preferencia para el atributo olor

Tratamientos	Categorías de preferencia				
	Desagrada	No gusta	Indiferente	Me gusta	Me encanta
0_PLAT	8	24	7	32	21
25_PLAT	5	24	5	41	17
50_PLAT	7	24	8	36	17
75_PLAT	5	26	10	29	22
100_PLAT	3	18	6	38	27

Cuadro A- 8: Evaluadores por nivel de preferencia para color

Tratamientos	Categorías de preferencia				
	Desagrada	No gusta	Indiferente	Me gusta	Me encanta
0_PLAT	4	16	4	37	31
25_PLAT	7	19	11	42	13
50_PLAT	8	20	7	46	11
75_PLAT	5	28	9	32	18
100_PLAT	4	25	5	36	22

Cuadro A- 9: Evaluadores por nivel de preferencia para sabor

Tratamiento	Categorías de preferencia				
	Desagrada	No gusta	Indiferente	Me gusta	Me encanta
0_PLAT	3	15	6	42	26
25_PLAT	6	13	11	35	27
50_PLAT	4	24	9	35	20
75_PLAT	6	23	9	26	28
100_PLAT	4	22	5	33	28

Cuadro A-10: Evaluadores por nivel de preferencia para textura

Tratamiento	Categorías de preferencia				
	Desagrada	No gusta	Indiferente	Me gusta	Me encanta
0_PLAT	3	23	4	35	27
25_PLAT	1	25	6	35	25
50_PLAT	1	29	5	39	18
75_PLAT	4	24	3	39	22
100_PLAT	2	18	4	40	28

Cuadro A - 11: Evaluadores según atributo para la calificación me gusta

Tratamientos	Atributos			
	Olor	Color	Sabor	Textura
0_PLAT	32	37	42	35
25_PLAT	41	42	35	35
50_PLAT	36	46	35	39
75_PLAT	29	32	26	39
100_PLAT	38	36	33	40

Cuadro A -12: Evaluadores según atributo para la calificación me encanta

Tratamientos	Atributos			
	Olor	Color	Sabor	Textura
0_PLAT	21	31	26	27
25_PLAT	17	13	27	25
50_PLAT	17	11	20	18
75_PLAT	22	18	28	22
100_PLAT	27	22	28	28

Cuadro A-13: Evaluadores según tratamiento para máxima preferencia

Tratamientos	Atributos			
	Olor	Color	Sabor	Textura
0_PLAT	53	68	68	62
25_PLAT	58	55	62	60
50_PLAT	53	57	55	57
75_PLAT	51	50	54	61
100_PLAT	65	58	61	68

Cuadro A -14: Distribución de evaluadores según el atributo para baja preferencia

Tratamientos	Atributos			
	Olor	Color	Sabor	Textura
0_PLAT	15	8	9	7
25_PLAT	10	18	17	7
50_PLAT	15	15	13	6
75_PLAT	15	14	15	7
100_PLAT	9	9	9	6

Cuadro A- 15: Cálculos de ganancia de peso por fórmula

Tratamiento	Cálculo
Tratamiento 0	$\% \text{ Peso ganado} = \frac{213.36 - 199.81}{199.81} \times 100 = 6.78$
Tratamiento 1	$\% \text{ Peso ganado} = \frac{213.98 - 199.59}{199.59} \times 100 = 7.20$
Tratamiento 2	$\% \text{ Peso ganado} = \frac{219.36 - 200.2}{200.2} \times 100 = 9.57$
Tratamiento 3	$\% \text{ Peso ganado} = \frac{216.36 - 200.08}{200.08} \times 100 = 8.13$
Tratamiento 4	$\% \text{ Peso ganado} = \frac{219.1 - 200.35}{200.35} \times 100 = 9.35$

Cuadro A- 16: Cálculos de rendimiento por fórmula para empanizar

Tratamiento	Cálculo
Tratamiento 0	$\text{Cantidad de pollo a empanizar (454 gr)} = \frac{13.55 - \dots - 199.81}{454} = 6,694.74$
Tratamiento 1	$\text{Cantidad de pollo a empanizar (454 gr)} = \frac{14.39 - \dots - 199.59}{454} = 6,297.00$
Tratamiento 2	$\text{Cantidad de pollo a empanizar (454 gr)} = \frac{19.16 - \dots - 200.2}{454} = 4,743.77$
Tratamiento 3	$\text{Cantidad de pollo a empanizar (454 gr)} = \frac{16.28 - \dots - 200.08}{454} = 5,579.62$
Tratamiento 4	$\text{Cantidad de pollo a empanizar (454 gr)} = \frac{18.75 - \dots - 200.35}{454} = 4,851.14$

Cuadro A- 17: Cálculos de comparación de costos

Materia prima	Costo de materia prima en el mercado \$US	Porcentaje dentro de la formulación	Cálculo de costo del insumo \$US
H. de trigo	0.92 /libra	48%	$HT = \frac{48\% * \$0.92}{100\%} = \0.44
		36%	$HT = \frac{36\% * \$0.92}{100\%} = \0.33
		24%	$HT = \frac{25\% * \$0.92}{100\%} = \0.21
		12%	$HT = \frac{12\% * \$0.92}{100\%} = \0.11
		0%	0
H. de plátano*	2.38	0%	0
		12%	$HP = \frac{12\% * \$2.38}{100\%} = \0.28
		24%	$HP = \frac{24\% * \$2.38}{100\%} = \0.57
		36%	$HP = \frac{36\% * \$2.38}{100\%} = \0.85
		48%	$HP = \frac{48\% * \$2.38}{100\%} = \1.13
Miga de pan	0.20	44%	$MP = \frac{44\% * \$0.20}{100\%} = \0.09
Especias**	13.5	4%	$= \frac{1.1\% * \$13.53}{100\%} = \0.15
Aditivos**	2.5	2%	$= \frac{0.74\% * \$2.50}{100\%} = \0.02
Leudante**	1.69	1%	$\frac{4.54\% * \$1.69}{100\%} = \0.02
Colorante**	0.69	1%	$\frac{4\% * \$0.69}{100\%} = \0.03
*Cantidad de harina de plátano utilizada 549.16 gr			
**Porcentaje que se utilizó de la cantidad comprada, no de la formulación sin alterar la cantidad utilizada dentro de la formulación			



Fuente: (INIAP2004)

Figura A- 1: Estados de Madurez del plátano

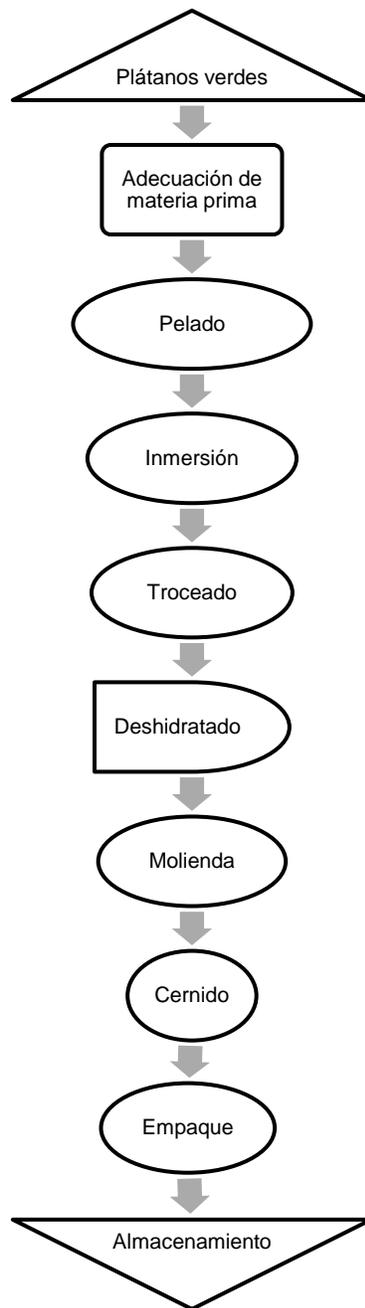
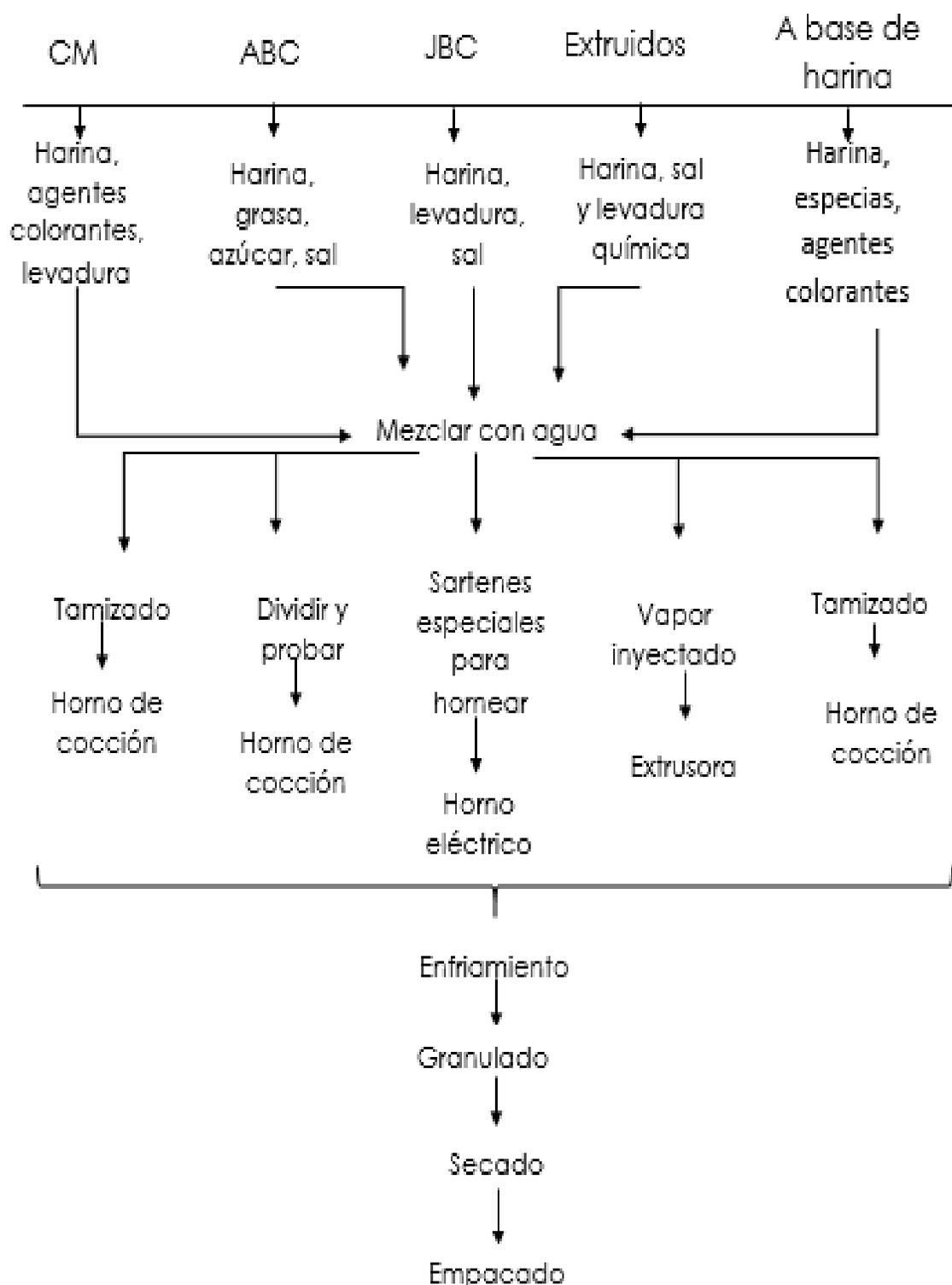
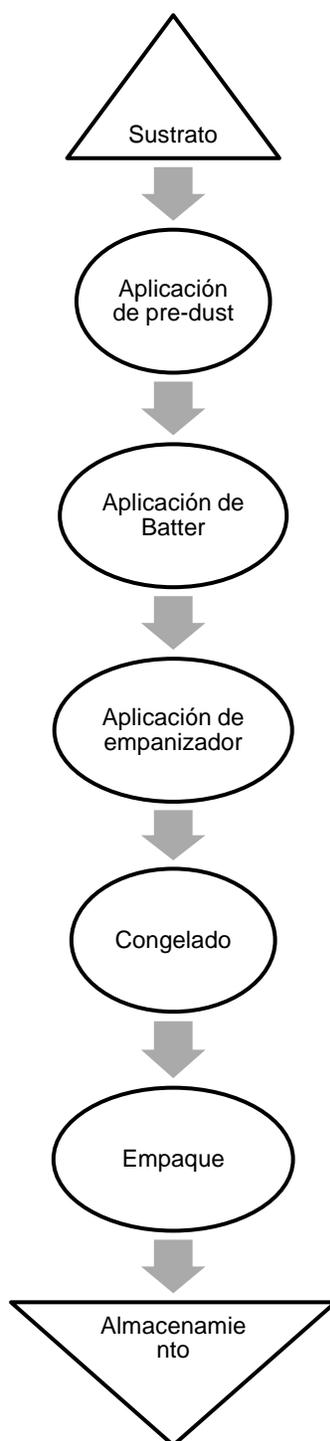


Figura A- 2: Flujograma de elaboración de harina de plátano



Fuente: (Chen *et al.* 2011)

Figura A- 3: Diagrama de proceso general de empanizado por tipo de empanizador



Fuente: (FoodNewlyweds 2011)

Figura A- 4: Flujograma de proceso general de empanizado



Fuente: (Gamble *et al.* 2007)

Figura A- 5: Proceso de freído

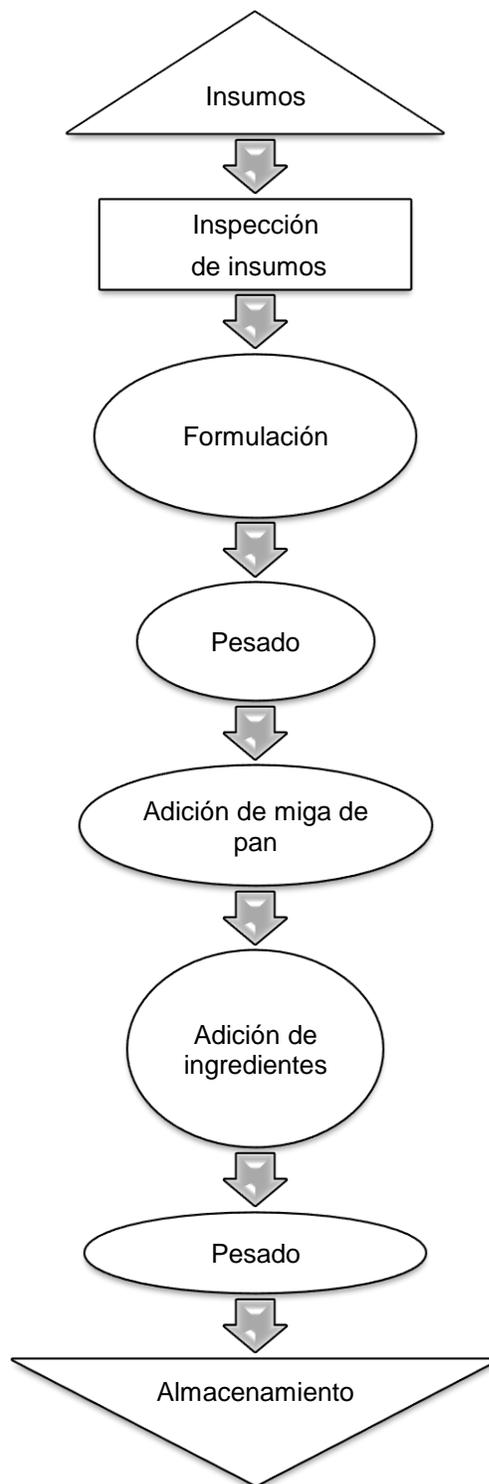


Figura A- 6: Diagrama de flujo para la elaboración del empanizador



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
 INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
 DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Instrucciones

Frente a usted se presentan cinco muestras de pollo empanizado, por favor concéntrese en el empanizado, observe y pruebe cada una de ellas, de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo a su criterio, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.

Fecha: _____ Sexo: _____

Puntaje	Categoría
1	Me desagrada
2	No me gusta
3	Me es indiferente
4	Me gusta
5	Me encanta

Código	Clasificación para cada atributo			
	Olor	Color	Sabor	Textura

De las muestras que se le presentaron clasifique en orden de mayor a menor, de acuerdo a cuál le gusta más.

Código					

Figura A- 7: Boleta de prueba organoléptica



Fuente: (FoodNewlyweds 2011)

Figura A- 8: Colores de empanizadores comerciales



Figura A- 9: Nivel de cobertura del empanizador por formulación