



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS
ORGÁNICOS DEL BANANO (*Musa x paradisiaca*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE
ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE
GALLETAS**

Inga. Reina Eirene Castellanos Bonilla

Asesorado por el M.A. Ing. Walther Antonio De León Gutiérrez

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS
ORGÁNICOS DEL BANANO (*Musa x paradisiaca*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE
ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE
GALLETAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. REINA EIRENE CASTELLANOS BONILLA
ASESORADO POR EL M.A. ING. WALTHER ANTONIO DE LEÓN GUTIÉRREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Vladimir Iván Pérez Soto
EXAMINADORA	Mtra. Lcda. Blanca Azucena Méndez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS
ORGÁNICOS DEL BANANO (*Musa x paradisiaca*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE
ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE
GALLETAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de marzo de 2020.

Inga. Reina Eirene Castellanos Bonilla



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 – 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 733.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (Musa x paradisiaca) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, presentado por la **Ingeniera Reina Eirene Castellanos Bonilla**, estudiante de la **Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, noviembre de 2021

LNG.EEP.OI.145.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (*Musa x paradisiaca*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS”

presentado por **Reina Eirene Castellanos Bonilla** quien se identifica con carné **201020543** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ciencia y tecnología de alimentos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala 13 de enero 2021.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Informe Final del **TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado **“OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (*MUSA X PARADISIACA*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS”** de la estudiante **Reina Eirene Castellanos Bonilla** quien se identifica con número de carné **999002123** del programa de **Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

MSc. Hilda Piedad Palma de Martini
Coordinadora
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, 30 de Octubre de 2020

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí,
Director de Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Álvarez:

El motivo de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el trabajo de investigación **OBTENCION A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGANICOS DE BANANO (*Musa x paradisiaca*) PROVENIENTES DE UNA FABRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCION DE GALLETAS**, presentado por la ingeniera Reina Eirene Castellanos Bonilla, que se identifica con DPI: 2378863240101.

Agradeciendo su atención y apoyo a la presente, quedó a la orden ante cualquier duda que pueda surgir.

Sin otro particular, me suscribo, atentamente.

Walther A. de León Gutiérrez
Ingeniero Químico
Colegiado 2263

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Walther A. de León Gutiérrez', written over a faint circular stamp.

M. A. Walther Antonio De León Gutiérrez
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía y siempre estar a mi lado en todo momento.
Mi madre	Reina Bonilla, por todo su apoyo y amor, es mi motivación para seguir adelante con mis metas.
Mi padre	Ricardo Castellanos, por seguir animándome a superarme.
Mis hermanos	Samuel y Ricardo Castellanos, por ser mi compañía, me han animado, motivado y apoyado para seguir creciendo.
Mi cuñada	Jennifer Figueroa, por tu apoyo y ejemplo.
Mis amigos	Ragda Talgi, Evelyn García, Walther De León, Alejandra Valenzuela y todos mis amigos que han estado y estuvieron a mi lado en todo momento para apoyarme y acompañarme durante la maestría.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por concederme el privilegio de formarme académicamente con educación de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por su invaluable aporte en mi crecimiento académico.
MSc. Ing. Hilda Palma	Por su ejemplo, guía constante y motivación para mi crecimiento académico y profesional.
M.A. Ing. Walther de León	Por su valiosa guía durante el desarrollo del diseño de investigación.
Lcda. Blanca Méndez	Por su guía para cumplir con todos los lineamientos correspondientes y orientarnos en todo momento.
Mis compañeros	Por su apoyo en los años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XI
OBJETIVOS	XIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XV
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Desechos orgánicos	9
2.2. Banano (Musa x paradisiaca)	10
2.3. Fibra alimentaria	11
2.3.1. Tipos de fibras	11
2.3.1.1. Fibra insoluble	11
2.3.1.2. Fibra soluble	11
2.3.2. Subproducto	12
2.4. Secado	12
2.4.1. Velocidad de secado	13
2.4.2. Curva de secado	13
2.4.3. Humedad en base seca y base húmeda	14
2.5. Molienda y tamizado	15
2.6. Rendimiento	16

2.7.	Formulación	16
2.8.	Evaluación sensorial.....	17
2.8.1.	Escala hedónica	17
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1.	Fases de la investigación	19
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	23
4.1.	Obtención de las curvas de secado del proceso de deshidratación de las cáscaras de banano	23
4.2.	Rendimiento obtenido del proceso de secado de la cáscara de banano y evaluaciones realizadas al material seco	25
4.3.	Formulación realizada para las tres galletas	27
4.4.	Proceso de elaboración de las tres formulaciones de galletas	28
4.5.	Producción de las tres formulaciones de las galletas	30
4.6.	Evaluación sensorial del nivel de aceptabilidad de las galletas producidas	30
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
	CONCLUSIONES.....	39
	RECOMENDACIONES	41
	REFERENCIAS	43
	APÉNDICES.....	49
	ANEXO	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tiempos de secado	14
2.	Curva de secado 1: Peso de la muestra de cáscara de banano en función del tiempo de secado	23
3.	Curva de secado 2: Porcentaje de humedad en base húmeda en función del tiempo para el secado de la cáscara de banano	24
4.	Curva de secado 3: Humedad en base seca en función del tiempo para el secado de la cáscara de banano.....	25
5.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las tres formulaciones F1 _p , F2 _p y F3 _p para la preparación de las galletas	29
6.	Análisis sensorial de las tres recetas de galletas formuladas, según prueba hedónica de 5 puntos	31

TABLAS

I.	Variables	XVI
II.	Operacionalización de las variables	XVII
III.	Rendimiento de la obtención de harina de cáscara de banano	25
IV.	Características de la harina de cáscara de banano obtenida	26
V.	Análisis microbiológico de la harina de cáscara de banano	26
VI.	Análisis químico proximal en base seca de la harina.....	27
VII.	Ingredientes según formulación F1 _p , F2 _p y F3 _p para la elaboración de las galletas	27
VIII.	Producto terminado obtenido de cada formulación.....	30

IX.	Promedio de análisis sensorial de las tres recetas de galletas formuladas, según la prueba hedónica de 5 puntos.	31
X.	Resumen análisis de varianza en resultados de análisis sensorial	32

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
H	Humedad
kg	Kilogramos
M	Media aritmética
X_{H₂O}	Peso del agua
X_{SS}	Peso del sólido seco
P_F	Peso fibra
P_{SH}	Peso inicial (húmedo)
%	Porcentaje
R	Rendimiento

GLOSARIO

Aceptabilidad	Que puede ser dado por bueno, característica de algo aceptable.
Comestible	Que se puede comer o puede ser ingerido cualquier alimento.
Organoléptico	Hace referencia a cualquier propiedad de un alimento u otro producto percibida mediante los sentidos, incluidos su sabor, color, olor y textura.
Sensorial	Perteneciente o relativo a la sensibilidad, donde se utilizan los órganos sensoriales. Los principales sistemas sensoriales son: la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato.

RESUMEN

En la industria alimentaria existen procesos de producción donde se trabaja con frutos como materia prima, donde no se utiliza la totalidad de sus componentes, esto genera disposición de residuos orgánicos que no son aprovechados y que, al contrario, son desechados. El objetivo de este estudio fue el aprovechamiento de la cáscara generada como subproducto por una industria alimentaria fabricante de alimentos utilizando banano como uno de sus ingredientes, se analizó su comportamiento bajo un proceso de secado, obteniendo un rendimiento de 11.23 % al comparar el peso de la cáscara utilizada con el peso de la harina obtenida posterior al secado.

Se utilizó dicha harina para formular tres recetas para producir galletas, estas formulaciones fueron sometidas a estudio de grado de aceptabilidad con consumidores finales no entrenados mediante un panel sensorial conformado por 30 personas.

La formulación que utilizó 75 % / 25 % de harina de trigo y harina de cáscara de banano presentó aceptabilidad en los atributos de sabor y olor, mientras que la formulación donde se utilizó 50 % / 50 % de harina de trigo y harina de cáscara de banano obtuvo aceptabilidad en los atributos de color y olor, concluyendo que la utilización de la cáscara de banano posterior a un tratamiento de secado es una opción viable para el aprovechamiento de este subproducto y así convertirlo en una materia prima para la producción de galletas cuando se trabaje con una proporción del 50 % o menos con relación a la harina de trigo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto general del problema, las frutas utilizadas en la industria para producir productos naturales en general aprovechan solamente el jugo y la pulpa de la fruta, y dejan cantidades considerables de cáscara como un desecho orgánico que posteriormente se elimina; se desaprovechan, de esta forma, los beneficios alimenticios de dichos subproductos. Esto a nivel económico representa para la industria un costo que no genera una ganancia, debido a que se paga por retirar estos residuos orgánicos y no para aprovecharlos.

- Descripción general

Bajo aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por las industrias alimentarias de Guatemala que procesan frutas para la producción de materias primas comestibles provenientes de sus cáscaras, de los mayores productores del sector.

La delimitación del problema se da en una industria alimentaria enfocada en la generación de productos naturales del sector industrial del municipio de San José Villa Nueva, Guatemala, que toma como muestra los desechos generados durante un día de producción. La parte experimental se realizó en un lapso de 17 días.

La viabilidad de la inversión fue por parte de la empresa, la cual dio los desechos de cáscara de banano en su totalidad sin ningún costo, para realizar el estudio. En el caso de que el estudio no hubiese sido realizado, los desechos generados diariamente por esta industria para la producción del alimento a base

de banano seguirán siendo descartados en su totalidad sin generar ningún tipo de aprovechamiento; además, el estudio puede ser la base para analizar las posibilidades de utilización para otro producto que genera la planta en cuestión.

Para la presente investigación se formularon las siguientes preguntas de investigación.

- Pregunta principal

¿Cómo se puede obtener fibra alimentaria proveniente de los desechos orgánicos del banano generados en una industria alimentaria y cómo pueden ser utilizados como materia prima para la elaboración de galletas?

- Preguntas secundarias

- ¿Cuál es la curva de secado para la cáscara de banano utilizando un horno industrial?
- ¿Qué porcentaje de rendimiento de fibra se obtiene del subproducto del banano (cáscara)?
- ¿Qué formulaciones se pueden generar con la fibra obtenida de cáscara de banano al mezclarla con harina de trigo?
- ¿Qué formulaciones se pueden preparar con la fibra extraída de la cáscara del banano para obtener galletas?
- ¿Cuál de las galletas producidas tiene mayor nivel de aceptabilidad?

OBJETIVOS

General

Obtener a nivel laboratorio fibra alimentaria de los desechos orgánicos del banano (*Musa x paradisiaca*) provenientes de una fábrica de alimentos y su aceptabilidad como materia prima en la formulación de una galleta.

Específicos

1. Determinar la curva de secado del proceso de deshidratación de la cáscara de banano obtenida mediante un horno industrial.
2. Evaluar el rendimiento de la obtención de fibra en la cáscara de banano mediante secado, molienda, tamizado y pesado por medio de porcentajes.
3. Elaborar tres formulaciones con la fibra obtenida de la cáscara de banano mezclando en proporciones definidas con harina de trigo.
4. Elaborar galletas con cada formulación preparada con la fibra extraída de la cáscara de banano.
5. Medir el nivel de aceptabilidad de las galletas producidas con cada tipo de formulación elaborada con la fibra extraída de la cáscara de banano.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Diseño

Para llevar a cabo la investigación se utilizó un diseño experimental, debido a que este tipo de investigación permite observar los fenómenos en un ambiente controlado por variables para ser analizados.

La metodología del diseño experimental estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés. (Marin, 2005, p. 2)

En este trabajo de investigación se realizó una recolección de datos por medio de registros de medición de pesos y rendimientos en la obtención de fibra y mediante boletas que llenaron los panelistas al realizar el panel sensorial de aceptabilidad de la formulación creada.

- Tipo de estudio

El estudio mixto permite recaudar más información que la recopilada por los enfoques de manera separada. El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cualitativos y cuantitativos en un mismo estudio. Es transversal ya que se utiliza cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. Su

propósito esencial es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El estudio que se realizó es mixto, debido a que tiene datos cuantitativos y cualitativos, el primero basado en la observación y los cambios sensoriales de las muestras a realizar; y el segundo en la recopilación de datos iniciales de rendimientos obtenidos posterior al proceso de secado.

- Alcance

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que su propósito es describir el estado, las características, los factores y otros aspectos presentes en situaciones específicas. El alcance de este estudio permite comprobar una hipótesis; además, fue posible caracterizar globalmente el objetivo del estudio.

- Variables

Las variables establecidas son las siguientes:

Tabla I. **Variables**

Nombre de las variables
Determinar curva de secado
Rendimiento del proceso de secado
Formular producto con fibra obtenida
Elaborar galletas de las formulaciones propuestas
Análisis sensorial de aceptabilidad

Fuente: elaboración propia.

- Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se detalla de la siguiente manera:

Tabla II. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Operacional	Indicador
Determinación de la curva de secado	Se realizará el secado de la cascará de banano mediante un secador de bandejas y realizando mediciones a las 1.5h, 3h, 4.5h y 6h Se realizará el pesaje de la muestra al inicio y al final de cada rango de tiempo transcurrido para verificar el cambio en el porcentaje de humedad en el tiempo y poder realizar la curva de secado	El porcentaje de humedad seca se medirá mediante la fórmula: $\%H: (X_{H2O} / X_{SS}) * 100$ Donde: $\%H$: Humedad en base seca X_{H2O} : Peso del agua X_{SS} : Peso del solido seco
Rendimiento en la obtención de fibra mediante proceso de secado	Al Obtener el producto seco se realizará una molienda para hacer pulverizarlo. Se pasará a través de un tamiz para obtener solo las partículas más finas. Se pesará para comparar con el peso inicial de cascará que se tenía y obtener un rendimiento Pesaje de gramos obtenidos de fibra comparado con gramos iniciales de cáscara en cada uno de los secados realizados	El rendimiento será obtenido mediante la fórmula: $\%R: 100 - ((P_b - P_f) * 100) / P_b$: % Donde: $\%R$: rendimiento en % P_b : Peso Inicial P_f : Peso fibra
Formulación de producto con fibra obtenida	Mediante el pesaje de la cáscara seca, molida y tamizada, se realizarán formulaciones en tres proporciones distintas de Fibra de banano y harina de trigo utilizando un método convencional de mezclado	Tres formulaciones (F): F1_v : Harina de trigo 50% + harina de banano 50% F2_v : Harina de trigo 25% + harina de banano 75% F3_v : Harina de trigo 75% + harina de banano 25%
Elaboración de galletas de las formulaciones propuestas	Las formulaciones realizadas en el objetivo anterior pasarán por medio de un proceso de mezclado con ingredientes que permitirán la obtención de galletas posterior a un proceso térmico (Horno)	Obtención de 3 harinas panificables con cada formulación (F1_v , F2_v , F3_v) + huevos + esencia de vainilla + leche + aceite + azúcar Proceso térmico mediante horneado
Análisis sensorial de aceptabilidad	Las galletas formuladas serán sometidas a un panel sensorial no entrenado en el que se compararán las 3 formulaciones contra una galleta 100% de harina de trigo, para encontrar el nivel de aceptabilidad de dichas nuevas formulaciones contra una galleta comercial	Análisis sensorial a 100 personas no entrenadas: <ul style="list-style-type: none"> Olor, Sabor, Textura, Apariencia, Color con escala hedónica Registro de boleta utilizada por los panelistas Porcentajes y Cálculo de Media

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas de análisis de la información

Se utilizaron técnicas de estadística descriptiva. Las variables estadísticas serán las siguientes:

- Porcentajes de obtención de fibra de la cáscara.
- Porcentaje de aceptación de las galletas formuladas, a una muestra de 100 panelistas.

Para el desglose de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \left(\frac{P_F}{P_{SH}} \right) * 100 \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde P_{SH} es el total en gramos de las muestras ingresadas al secador previo al secado y P_F es el total de gramos obtenidos posterior al secado (fibra).

De estas mediciones se obtendrá una media aritmética utilizando la siguiente fórmula:

$$M: \frac{\sum M}{n} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Donde n será el número de muestreos que se realicen en el secador.

Para la recolección de los datos se utilizarán tablas de control (apéndice 3 y apéndice 4) y boletas de paneles sensoriales (apéndice 5).

Se dispone de datos gráficos y diagramas que ayudan con la interpretación de los resultados. Dicha representación gráfica se utilizó para caracterizar el

comportamiento de las variables. Además, el panel sensorial fue interpretado mediante un análisis de varianza Anova para determinar si existe o no diferencia significativa.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfocó en la sistematización de un estudio de proceso de aprovechamiento de un subproducto para beneficio de una industria de alimentos en Guatemala. En la industria guatemalteca existe variedad de empresas productoras de alimentos que utilizan como materias primas las frutas en su estado natural, por lo que deben tratarlas con un proceso previo para obtener ya sea el jugo, la pulpa, la carnaza o la parte del fruto con los compuestos necesarios para su producción. En la mayoría de los casos se generan residuos orgánicos que son tratados como desechos, los cuales no tienen un uso beneficioso para la mayoría de las industrias, actualmente.

El problema identificado es el bajo aprovechamiento de los desechos orgánicos de las frutas, generados por dichas industrias alimentarias, de los cuales se puede estudiar la posible utilización para la producción de materias primas que sirvan para generar más productos alimenticios. Para encontrar opciones viables de aprovechamiento para dichos desechos, primero, se debe analizar qué tipo de subproducto orgánico se está generando y en qué condiciones se está procesando; con esa información es posible designar un proceso para reutilizar o aprovechar dicho producto.

En esta investigación se buscó una solución a dicho problema mediante el aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por una industria guatemalteca productora de alimentos naturales, enfocado en la cáscara de banano. Estos desechos fueron sometidos a un proceso de secado para la obtención de fibra la cual fue aprovechada para la formulación de galletas.

El informe presenta el proceso para la obtención de las curvas de secado de muestras de cáscara de banano generadas como subproducto, mediante el uso de un horno de convección forzada controlando las variantes de peso y tiempo, manteniendo la temperatura constante.

Además, se procedió a realizar la molienda del producto seco para la obtención de una harina que sirvió como materia prima para la formulación de galletas variando la proporción de harinas con relación al porcentaje de harina de trigo normalmente utilizado. Con esto se obtiene un producto terminado que fue sometido a una prueba hedónica para concluir si puede considerarse aceptable la harina de cáscara de banano como ingrediente para la producción de galletas agradables al consumidor.

1. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan los antecedentes de investigación relacionados con el tema de este informe. Primero, se tiene la investigación titulada *Elaboración de una harina de cáscara de banano (Musa x paradisiaca (L.) Merr) para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica*. Carias (2015) tuvo como objetivo procesar cáscara de piña (*Ananas comosus (L.) Merr*) para la obtención de una harina alta en fibra y su aplicación en la elaboración de una galleta. La formulación y elaboración de la harina se realizó con base en variables para medir su aceptación sensorial. En el caso del método para la obtención de la fibra se utilizó un secador de bandejas, se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 32.6 % de fibra para trabajarla como harina.

Lo que aporta este trabajo a esta investigación es que de igual manera se utiliza cáscara para obtener fibra, para después desarrollar un subproducto que se emplea como materia prima en una harina, por lo que la metodología utilizada puede servir para alcanzar el objetivo planteado.

Adicional a este trabajo, también se tiene la investigación elaborada por Mayorga (2013) titulada *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de banano y su aplicación en un producto alimenticio*, cuyo objetivo fue aprovechar el subproducto obtenido de la producción de jugo de piña, en el cual se desarrollaron las condiciones de procesamiento necesarias para la obtención de fibra dietética para evaluar su efecto en la incorporación a un producto alimenticio en el que se use como una harina, esto utilizando una metodología

de prensado, secado y molienda. Se obtuvieron resultados de hasta 70 g de fibra dietética por cada 100 g de muestra en base seca.

El aporte de este documento a la investigación es el uso del lavado, prensado, deshidratado y tamizado del producto en proceso. Dicho proceso será el que se utilizará en la siguiente investigación, servirá como base para realizar la metodología para el producto que se quiere procesar.

La siguiente investigación fue realizada en Colombia, por Ceballos y Montoya (2013), en la cual se realizó una evaluación química de la fibra en la semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. El objetivo es el aprovechamiento de residuos del aguacate para la obtención de fibra dietética por métodos químicos y físicos. Se realizó una comparación entre los resultados obtenidos para la cáscara, la pulpa y la semilla en dos estados de madurez distintos; esto permitió establecer cuál parte del aguacate se puede aprovechar mejor y en qué punto de su madurez se debe procesar dicho subproducto.

El aporte a esta investigación es que la comparación realizada muestra que la cáscara presenta un nivel de fibra bruta mayor que las otras dos variables tomadas en cuenta; además, mencionan la importancia de realizar un análisis para descartar la presencia de sustancias tóxicas.

El trabajo realizado por Rasgado, Trejo-Márquez y Pascual-Bustamante (2016), titulado *Extracción de fibra en residuos agroindustriales de banano para su aplicación en alimentos funcionales* se basó en la extracción de fibra en residuos agroindustriales de banano para su aplicación en alimentos funcionales. El aporte a la investigación de nuevo se centra en la importancia del aprovechamiento de los residuos de banano, en este caso utilizando métodos físicos y químicos, con la obtención de resultados positivos que según las

características funcionales de la fibra obtenida sí puede ser utilizada para el desarrollo de alimentos.

El método físico empleado consistió en la reducción del tamaño de los residuos de banano para proceder al secado en microondas por 15 min. Los resultados demuestran que se tienen mayores rendimientos utilizando métodos de extracción químicos. El aporte que tendrá en esta investigación es la importancia en la extensión en el tamaño de las partículas de la muestra para realizar el secado de ésta de la manera más eficiente.

También, está la investigación que realizaron Guerrero, Trejo, Moreno, Lira y Pascual (2016), el objetivo es la obtención de fibra a partir del cacahuate a través de su cáscara. Se utilizó un método por el cual se obtendrá un producto de calidad y con buen rendimiento con el objetivo de utilizarlo para la formulación de un alimento. La extracción con ácido clorhídrico presentó rendimientos de aproximadamente el 75 % de fibra obtenida. El aporte a la investigación es en la obtención de rendimientos de fibra obtenida dependiendo del método utilizado; uno de los objetivos solicita el rendimiento de fibra alimentaria obtenida mediante el proceso de secado, el cual debe ser determinado comparando los pesos iniciales y la cantidad de producto seco final obtenido.

En la investigación realizada por Sosa (2017) se quiere realizar una sustitución utilizando semilla de chía en lugar de harina de trigo. Se toma una muestra a diferentes proporciones de porcentajes de cada materia prima incluida, que varía entre 5 % - 15 % de semilla de chía. Las formulaciones fueron estandarizadas mediante un panel sensorial con escala hedónica en 7 puntos. La formulación final fue sometida a un panel de aceptación, que logró un 97 %. La formulación con semilla de chía presenta un incremento en el porcentaje de fibra en el producto final, además de aumento en el omega 3 que presenta. En

conclusión, debido a los resultados positivos de aceptación y al costo que conlleva su formulación, la galleta con harina de trigo y semillas de chía es factible para el mercado.

El aporte a esta investigación se centra en la metodología utilizada para determinar si la formulación realizada es aceptada por un grupo de panelistas, primero, analizando en 7 puntos en escala hedónica para luego verificar el porcentaje de aceptabilidad; lo que cambiará será el número de panelistas, quienes en este caso serán 100 consumidores no entrenados.

Otro artículo relacionado con el uso de desechos orgánicos es el realizado por Hincapie, Vásquez, Galicia e Incapie (2014) en el cual se evaluó el efecto de diferentes temperaturas de secado sobre la fibra que se obtiene de la cáscara de mango. Se concluyó que la fibra obtenida de esta cáscara es buena fuente de fibra dietaria, debido a que la calidad no fue afectada en gran manera después del proceso de secado seleccionado. El aporte a la investigación se centra en que se observa que puede haber comportamientos favorables y no favorables en un alimento al someterlo a procesos de secado; por lo que se verificarán los efectos que puede llegar a tener el método de secado en la calidad de la fibra de la cáscara de banano que se quiere obtener, la cual se verá reflejada en el análisis sensorial que realicen los panelistas.

En la tesis *Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca) enriquecidas con semillas de zambo (Cucurbita ficifolia) y endulzadas con Stevia*, Girón (2016) utilizó un análisis sensorial y bromatológico específico para determinar la aceptabilidad de las diferentes formulaciones donde se varió los porcentajes de cada materia prima. Se concluyó que las galletas mantienen un buen

enriquecimiento nutricional, además a nivel microbiológico no tiene crecimiento de coliformes.

El aporte principal de este estudio a la investigación se centra de nuevo en la metodología utilizada para determinar la aceptabilidad del producto final en los consumidores, lo cual se quiere obtener para validar el uso de la fibra de cáscara de banano en una galleta al compararla con una de consumo comercial.

El estudio *Evaluación del proceso de producción de harina de plátano (Musa paradisiaca L.) para la preparación de atol y su caracterización proximal y sensorial*, por Melgar (2016), evidencia el proceso de secado para muestras de plátano con cáscara y sin cáscara para la obtención de una harina, mediante un proceso de triturado y tamizado, con lo cual posteriormente se formuló un atol que fue sometido a un panel sensorial de aceptabilidad con panelistas consumidores para analizar si esta harina es una opción aceptable para su uso en dicho producto terminado.

El aporte que brinda a esta investigación es la comparación sobre el rendimiento obtenido posterior al secado, teniendo datos para comparar las diferencias entre un secado con los elementos del fruto completo y otro eliminando la cáscara.

Otro artículo es la investigación realizada por Ramírez y Pacheco (2009) titulada *Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de banano, guayaba y guanábana*, en el cual se resaltan las propiedades funcionales de las fibras obtenidas de tres diferentes frutos: piña, guanábana y guayaba, en la cual, según sus características, pueden ser utilizadas para actividades específicas en la industria alimentaria. El aporte de este artículo a la investigación es que según los resultados se indica que, por sus propiedades

funcionales de hidratación y aroma, la cáscara de piña puede ser utilizada para la producción de galletas; en este caso se trabajará con cáscara de banano.

Sumado a estos, se tomó en cuenta también el trabajo realizado por Carrión (2015), en el cual se realizaron galletas formuladas con harina de haba y con extracto de camote. En esta investigación se utilizaron distintas proporciones para la formulación con el fin de determinar cuál de las opciones elaboradas era más aceptable con un grupo específico de personas.

El aporte a esta investigación está centrado en el método utilizado de panel para determinar el nivel de aceptabilidad de cada una de las fórmulas; en este caso se utilizaron 52 panelistas, pero para esta investigación se utilizarán 100.

La investigación trabajada por Delfín, López y Mondragón (2016), titulada *Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta*, se focalizó en los subproductos obtenidos con la cáscara de varias frutas y el aprovechamiento que se le puede dar para generar un valor agregado a más alimentos, evaluando la cantidad de lípidos y fibra. El aporte a la investigación es la metodología utilizada, el planteamiento es básicamente el mismo con excepción de la determinación de lípidos, donde se busca igualmente encontrar el nivel de aceptabilidad de un producto realizado con materia prima obtenida del secado del subproducto definido.

Sumado a lo anterior, se cuenta con el trabajo de investigación realizado por Gonzales (2017), el cual se basó en el proceso de la elaboración de harina por medio del proceso de selección, pelado, cortado, secado, molienda y posterior evaluación del uso de la harina obtenida en un producto final, en este caso una pasta tipo espagueti. Para cumplir con el objetivo se realizaron pruebas utilizando en distintas proporciones la harina de banano y harinas sin gluten. El

aporte a la investigación fue principalmente en el pretratamiento que se aplicó en el banano a utilizar para que la reacción de pardeamiento enzimático fuera más lenta y evitar el oscurecimiento de la fruta.

2. MARCO TEÓRICO

En la presente sección se presenta la información relacionada con la industria de alimentos enfocada en los desechos orgánicos obtenidos como subproductos de una industria alimentaria para el aprovechamiento en la producción de otros alimentos.

2.1. Desechos orgánicos

Se le llaman residuos orgánicos a todos aquellos que fueron originados de algún ser vivo; es decir, se considera de esta manera a toda materia de composición química orgánica que ha cumplido con su propósito principal y, por ende, tiende a ser desechada.

Los desechos pueden clasificarse según su origen, como se mencionó anteriormente; en el caso de los desechos de origen biológico se les conoce como desechos orgánicos. De acuerdo con Gómez (2015), un desecho orgánico es “todo residuo de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo” (p. 6).

Una de las características que presentan estos desechos son su facilidad de descomposición y la capacidad para ser reciclados, lo que les convierte en material que puede tener otra utilidad y provecho.

Este tipo de desecho se genera en las industrias alimentarias, lo que representa una gran cantidad de los desechos generados por las ciudades más

industrializadas. Debido a esto se ha generado la preocupación por la reutilización de los residuos orgánicos con el objetivo de no generar más basura.

Algunos ejemplos de residuos orgánicos son:

- Cáscaras de fruta
- Restos de frutas y verduras
- Huesos
- Restos de carne
- Cáscara de huevos

2.2. Banano (*Musa x paradisiaca*)

Es una planta conocida como herbácea, la cual posee gran variedad de especies. El banano pertenece al género *Musa*, el cual tiene muchas subespecies híbridas. Según Arola (2014) “los bananos son plantas tropicales que constituyen una fuente de alimentación muy importante a nivel mundial: sólo tres plantas son más cultivadas que las bananas, estas son el trigo, el arroz y el maíz” (p. 1).

Son cultivados por los frutos consumidos naturales como fruto fresco, o bien cocinados de forma diversa, también se utiliza la harina comestible que se obtiene de los frutos. Aunque no hay distinción botánica se suele utilizar el nombre de banana para los frutos consumidos frescos y plátano para los frutos cocinados y más ricos en fécula. (Mendes, 2005, p. 1)

2.3. Fibra alimentaria

Para iniciar los tipos de fibras se pueden clasificar de dos formas, las fibras insolubles y solubles las cuales se describirán a continuación.

2.3.1. Tipos de fibras

La fibra alimentaria para Gonzalo (2018) “está formada por las partes comestibles de las plantas que el intestino delgado humano es incapaz de digerir y que llegan intactas al intestino grueso. Las recomendaciones de consumo diario de fibra son de 20-30 g/día” (párr. 1).

En ese mismo artículo, Gonzalo (2018), para la Fundación Hipercolesterolemia Familiar (Fundación HF), acorde a su solubilidad, clasifica la fibra en insolubles y solubles.

2.3.1.1. Fibra insoluble

Se puede encontrar en el producto con trigo, cereales integrales y también en los vegetales. Como indica Gonzalo (2018), “tiene la propiedad de captar agua y aumentar el volumen del contenido intestinal. Produce una estimulación mecánica del tránsito intestinal, favoreciendo la evacuación. Este efecto es mayor si se consume acompañada de agua” (párr. 2).

2.3.1.2. Fibra soluble

Esta puede presentarse en las verduras, frutas, avena, legumbres, entre otros. Las bacterias del colon son las encargadas de fermentarla, favoreciendo a la flora intestinal del consumidor.

La fibra soluble, como su nombre lo indica, atrapa agua, lo que le permite formar una solución viscosa dentro del intestino, haciendo que la digestión sea más lenta, esto recubriendo la pared intestinal con una gruesa capa. Como lo indica Gonzalo (2018), “esto disminuye la absorción intestinal de algunos nutrientes como lo es la glucosa y el colesterol, contribuyendo con esto a la prevención en enfermedades cardiovasculares. Las recomendaciones de fibra soluble al día son de 5-10 g” (párr. 3).

Entre los beneficios que tiene el consumo de fibra es que genera una sensación de saciedad en el consumidor, ayudando a reducir su consumo de alimentos.

Una dieta baja en fibra puede tener como consecuencia problemas como diverticulosis, estreñimiento crónico, cáncer de colon, entre otros.

2.3.2. Subproducto

Un subproducto es una materia vegetal o animal procedente de la producción, cosecha, transporte y elaboración en zonas agrícolas. Incluye, entre otros, mazorcas y tallos de maíz, tallos y cáscaras de trigo, cáscaras de maní, tallos de algodón, tallos de mostaza, entre otros. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura, 2009, p. 4)

2.4. Secado

Según Angurell (2017) “se le llama secado a la operación unitaria centrada en la eliminación de agua de un sólido, líquido o gas. Consiste en separar mediante procedimientos no mecánicos un líquido de un sólido que lo retiene físicamente” (p. 1).

Una limitante en la selección del método de secado es la temperatura que puede soportar el material de interés sin perder actividad. En el secado, el solvente generalmente es agua y el medio hacia donde se elimina es el aire, el análisis se fundamenta en los sistemas aire-agua.

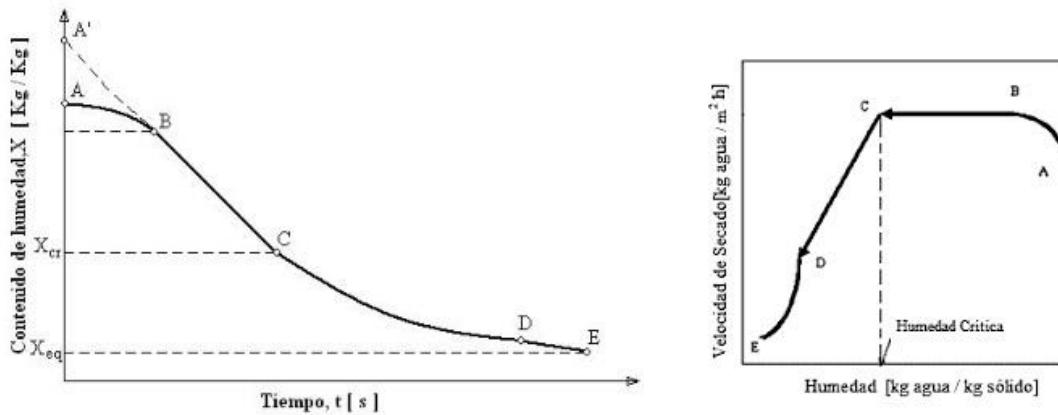
2.4.1. Velocidad de secado

La capacidad de un secador depende de la velocidad de transmisión de calor y de la transferencia de masa. Debido a que la humedad tiene que evaporarse, hay que suministrar calor de secado a la zona de evaporación, que puede estar cerca de la superficie del sólido o bien dentro del mismo, dependiendo del tipo de material y de las condiciones del proceso. (Gaytan, 2009, p. 17)

2.4.2. Curva de secado

Para estudiar el proceso de secado es ideal mostrar la velocidad de secado versus la humedad en forma gráfica, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 1. **Tiempos de secado**



Fuente: Perry (1986). *Manual del ingeniero químico*.

Según Perry (1986), estas figuras indican que “la velocidad de desecación está sujeta a variación en función del tiempo o el contenido de humedad” (p. 896).

2.4.3. **Humedad en base seca y base húmeda**

Según Martines y Lira (2010):

El contenido de humedad en base seca es el cociente entre la masa de agua en el material y su masa seca.

$$\% H_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_s} * 100 \quad \text{(Fórmula 3)}$$

Y el contenido de humedad en base húmeda es el cociente entre la masa de agua dentro del material y su masa total

$$\% H_{bh} = \frac{m_{H_2O}}{m_h} * 100 \quad (\text{Fórmula 4})$$

En las ecuaciones para H_{bs} y H_{bh} la masa de agua se puede calcular indirectamente de la masa de la muestra sin secar y su masa seca. (p. 2)

2.5. Molienda y tamizado

Según EcuRed (2012), la molienda es “una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1 pulgada siendo el grado de desintegración mayor al de trituración” (párr. 1).

La reducción se lleva a cabo fraccionando la muestra utilizando medios mecánicos hasta el tamaño deseado. Algunos de los métodos de reducción empleados en las máquinas de molienda son los de compresión e impacto. El concepto de molienda incluye la pulverización y dispersión de un material, pudiendo ser estos productos alimenticios.

Con respecto al tamizado Quiminet (2009) hace mención que:

Es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo con su tamaño de partícula individual. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de tamizado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada, esto provoca que las partículas más pequeñas que el tamaño de las aberturas pasen a través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos. (párr. 1)

El tamiz puede elaborarse de distintos materiales, como puede ser el plástico, cerámica o metal. El tamaño de los poros del tamiz también puede variar dependiendo del tamaño de las partículas que se quieran apartar.

2.6. Rendimiento

Rendimiento se refiere a la proporción que se obtiene entre los medios empleados para obtener algo y el resultado conseguido.

Uno de los criterios más importante para determinar que el proceso de secado de una materia prima finalizó es el contenido residual de humedad, que no debe superar algunos valores previamente establecidos. Se puede determinar el momento de finalización del secado a través del monitoreo del peso de una muestra que se esté secando.

2.7. Formulación

Es una integración de ingredientes en una cantidad específica y determinada que componen a un producto con ciertas características y parámetros específicos. Las formulaciones de alimentos deben cumplir estándares sensoriales, dados por algún cliente final o por la misma empresa productora, tomando en cuenta los costos que esto genere, para hacer factible su producción.

Tomando en cuenta el punto de vista de la industria alimentaria, al momento de prepararlas, estas deben tener una secuencia exacta, esto tomando en cuenta que se deben realizar varias veces para estandarizar el producto final y establecer los parámetros de control para próximas producciones. Se debe tener

cuidado con los pesajes de la materia prima, debido a que esto puede causar desviaciones significativas en las formulaciones.

Para el desarrollo de nuevas fórmulas es recomendable documentar todo con precisión. Los reportes generados durante el proceso de formulación sirven de respaldo para las verificaciones sobre la calidad, el tiempo de vida del producto y si toda la información sobre el producto en cuanto a sus ingredientes es la correcta.

2.8. Evaluación sensorial

El análisis sensorial puede entenderse como:

El examen de las propiedades organolépticas de un producto que se realiza utilizando los sentidos, en donde se evalúa el sabor, olor, aroma, olor, apariencia y textura. (...) Este análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida de las respuestas a los alimentos, además identifica y minimiza las posibles desviaciones que pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. (García, 2014, p. 1)

2.8.1. Escala hedónica

Para Hernández (2005):

La escala hedónica consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentarse una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me

gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de cáritas o figuras faciales.

- Ventajas:
 - La escala es clara para los consumidores
 - Requiere de una mínima instrucción
 - Resultado de respuestas con más información
 - Las escalas hedónicas pueden ser por atributos

- Casos en los que se aplica:
 - Desarrollo de nuevos productos
 - Medir el tiempo de vida útil de los productos
 - Mejorar o igualar productos de la competencia
 - Preferencia del consumidor.

La escala más empleada para el desarrollo de esta prueba es la escala de Peryamm & Pilgrim. (pp. 85-88)

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Fases de la investigación

- Fase 1: Revisión documental del tema de investigación: se realizó una recolección de información que sirvió de base para realizar la investigación; se buscaron conceptos, métodos de tratamiento, análisis de resultados, técnicas de investigación, trabajos previos de utilización de subproductos para la fabricación de alimentos y métodos más eficientes para realizar las actividades.
- Fase 2: Recolección de la muestra: en esta fase se realizó la recolección del subproducto generado, inicialmente se realizaría dicha recolección en un día de producción en la planta de alimentos, oscilando entre las 40-50 libras de cáscara. Debido a que la fase experimental se realizó durante el periodo de tiempo donde se tenían restricciones en áreas de trabajo en Guatemala, se decidió tomar una muestra de 145 bananos para obtener un aproximado de 6 kg de cáscara acorde a los promedios del peso total de fruta que utiliza esta industrial (0.130kg/banano), donde se realizó el procesamiento de la muestra de cáscara directamente saliendo del área de producción para proceder al secado.
- Fase 3: Realización del proceso de secado al subproducto: En esta fase se trasladaron las muestras de cáscara de banano al laboratorio designado, donde se cuenta con un horno de convección forzada, en el cual se colocarán de forma separada mediante bandejas las cáscaras recolectadas y serán tratadas a temperaturas de 60 °C durante 12 horas

de tiempo estimado. Estos parámetros fueron plasmados basados en pruebas preliminares para determinar el comportamiento del tiempo de secado con el porcentaje de humedad, además se identificó si era necesario utilizar un material para sostener las muestras; posteriormente, mediante la tabulación de los datos recopilados, se procedió a generar las curvas de secado de la cáscara de banano.

- Fase 4: Preparación de la fibra obtenida del secado, mediante molienda y tamizado: luego de obtenida la cáscara seca, se procedió a moler para obtener partículas menores, las cuales serán pasadas a través de un tamiz para obtener solo las partículas más finas, las cuales fueron la materia prima final que se utilizó para la formulación del producto.
- Fase 5: Preparación de tres formulaciones en el laboratorio interno de la industria de donde se tomó la cáscara de banano, donde se varían las proporciones de la fibra obtenida: con la materia prima obtenida en la fase anterior se prepararon tres formulaciones, en las cuales se varía la proporción de harina de trigo y la fibra obtenida de la cáscara de banano de la siguiente manera: F1_P: harina de trigo 50 % + harina de banano 50 %, F2_P: harina de trigo 25 % + harina de banano 75 %, F3_P: harina de trigo 75 % + harina de banano 25 %.
- Fase 6: Preparación galletas con las formulaciones elaboradas: con las tres formulaciones preparadas a distintas proporciones se elaborarán galletas, donde se adicionaron otros ingredientes: azúcar, leche y vainilla, para obtener un producto final comestible y agradable al consumidor.
- Fase 7: Realización de panel sensorial de aceptación a 100 personas no entrenadas utilizando una escala hedónica: con las galletas preparadas (3

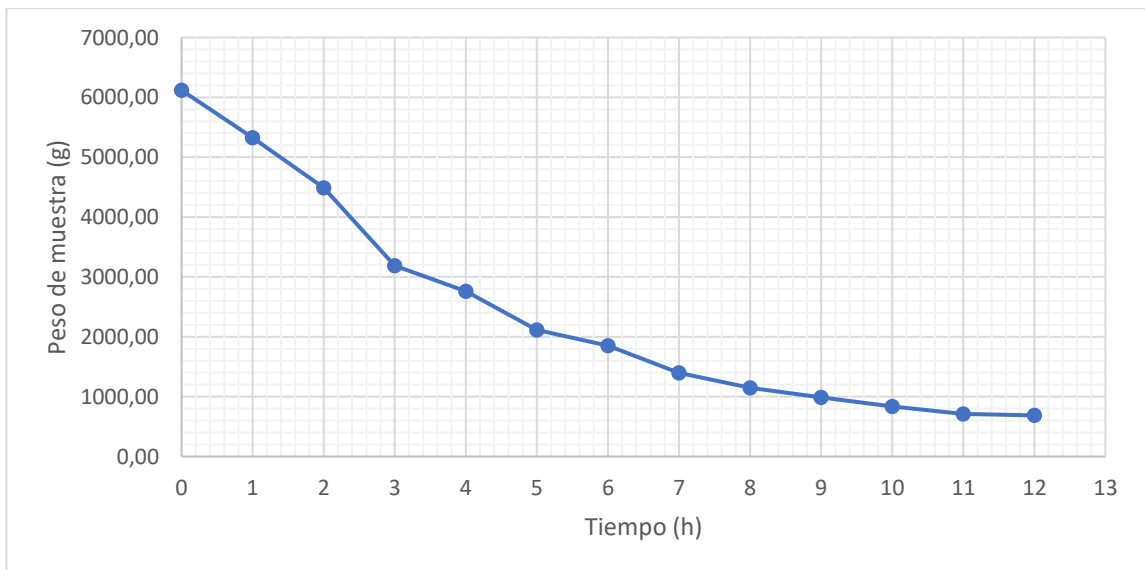
formulaciones) se realizó un panel sensorial de aceptación en las instalaciones de la industria donde se generó el subproducto, debido a las restricciones que estaba manejando en país en las áreas de trabajo para evitar aglomeración de personas durante el periodo de experimentación, la muestra tomada se redujo a 30 panelistas sensoriales, estas personas seleccionadas forman parte del personal administrativo y operacional de dicha industria, hombres y mujeres, de distintas edades, entre 18 y 65 años. El consumidor expuso cuál de las 3 formulaciones es más aceptable organolépticamente para cada atributo; además indicó en las observaciones mejoras para la preparación y cuál de las tres fue su preferida, esto se plasma en el instrumento del apéndice 4 para identificar si la fibra de la cáscara del banano afecta o beneficia a la aceptabilidad del perfil.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Obtención de las curvas de secado del proceso de deshidratación de las cáscaras de banano

A continuación, se presentan las curvas de secado del proceso de deshidratación desarrolladas en función del tiempo.

Figura 2. **Curva de secado 1: Peso de la muestra de cáscara de banano en función del tiempo de secado**

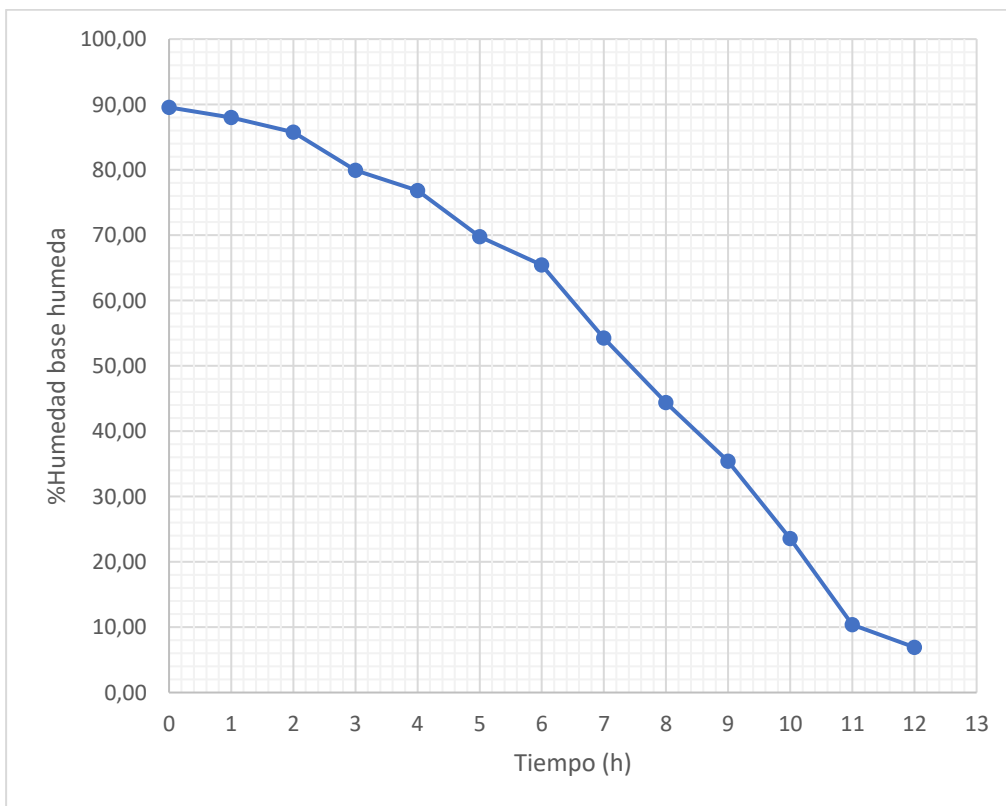


Fuente: elaboración propia.

En la figura 2, se observa el comportamiento presentado por el peso de la muestra a través del tiempo conforme se llevaba a cabo el proceso de secado

para la cáscara de banano, observando un comportamiento descendente debido a la pérdida de humedad en la cáscara.

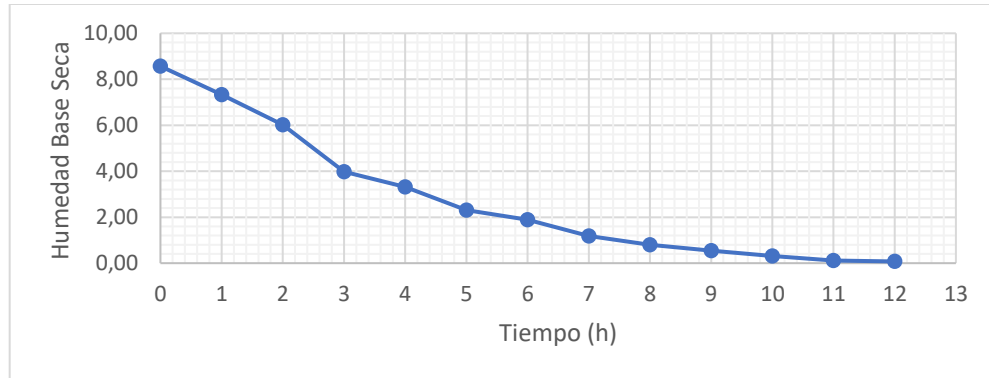
Figura 3. Curva de secado 2: Porcentaje de humedad en base húmeda en función del tiempo para el secado de la cáscara de banano



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3, se observa el comportamiento del porcentaje de humedad en base húmeda respecto al tiempo transcurrido durante el proceso de secado para la cáscara de banano.

Figura 4. **Curva de secado 3: Humedad en base seca en función del tiempo para el secado de la cáscara de banano**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 4, se observa el comportamiento de la humedad en base seca respecto al tiempo transcurrido durante el proceso de secado para la cáscara de banano.

4.2. Rendimiento obtenido del proceso de secado de la cáscara de banano y evaluaciones realizadas al material seco

El rendimiento obtenido del proceso de secado de la cascara de banano y evaluaciones realizadas al material seco se presentan a continuación.

Tabla III. **Rendimiento de la obtención de harina de cáscara de banano**

Peso inicial del Banano (kg)	Peso de la Cáscara (kg)	Peso de la Harina obtenida (kg)	Rendimiento de la harina respecto a la cáscara
19.279	6.119	0.687	11.23 %

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar el porcentaje de rendimiento en peso de la harina obtenida (material seco) respecto a la cáscara inicial utilizada, obteniendo un rendimiento del 11.23 %, perdiendo el 88.77 % del peso inicial de cáscara de banano (6.119 kg)

Tabla IV. **Características de la harina de cáscara de banano obtenida**

Harina	Resultados obtenidos
Color	Café oscuro
Olor	Característico
Textura	polvo

Fuente: elaboración propia.

La tabla IV, muestra las características sensoriales presentadas por la harina obtenida del material seco de la cáscara de banano para tres atributos.

Tabla V. **Análisis microbiológico de la harina de cáscara de banano**

	UFC/g	Límite máximo permitido
Mohos y levaduras	98	10 ³ UFC/g

Fuente: elaboración propia.

Según el Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.01.15.07 Harinas, Harina de trigo fortificada. Se debe cumplir con los criterios microbiológicos, el criterio microbiológico para mohos y levaduras es mínimo 10 UFC/g y máximo 10³ UFC/g.

Tabla VI. **Análisis químico proximal en base seca de la harina**

Análisis	Porcentaje obtenido
Materia seca	10.45
Extracto etéreo	5.51
Fibra cruda	7.29
Proteína cruda	6.99
Cenizas	13.22
Extracto libre de nitrógeno	687.12 g

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI, muestra los resultados en porcentaje del análisis químico proximal obtenidos para harina de cascara de banano en base seca.

4.3. **Formulación realizada para las tres galletas**

Las formulaciones elaboradas para las galletas son las siguientes y se clasifican en F1_p, F2_p y F3_p.

Tabla VII. **Ingredientes según formulación F1_p, F2_p y F3_p para la elaboración de las galletas**

Ingrediente	Fórmula F1_p		Fórmula F2_p		Fórmula F3_p	
	Fórmula	masa (g)	Fórmula	masa (g)	Fórmula	masa (g)
Harina de trigo	15 %	62.5	8 %	31.25	23 %	93.75
Harina de cascara de banano	15 %	62.5	23 %	93.75	8 %	31.25
Azúcar granulada blanca	27 %	112	27 %	112	27 %	112
Azúcar morena	12 %	50	12 %	50	12 %	50

Continuación tabla VII.

Huevo	13 %	53	13 %	53	13 %	53
Mantequilla	18 %	76	18 %	76	18 %	76
Total:	100 %	416	100 %	416	100 %	416

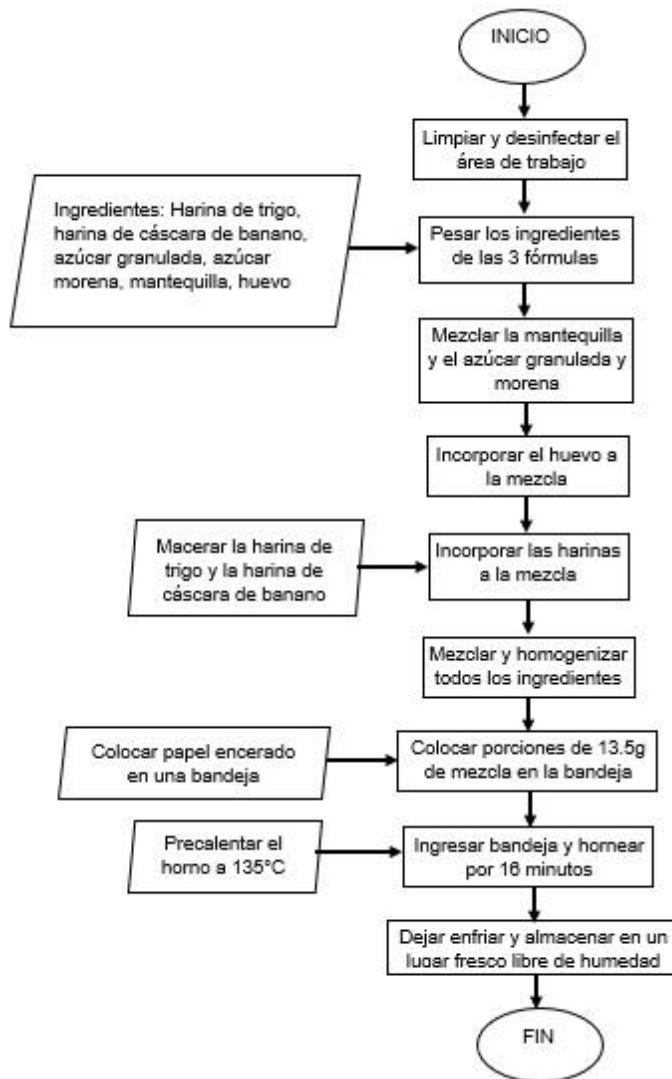
Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se desglosa la receta para cada formulación creada, donde se varía la proporción de harina de trigo y la harina de cáscara de banano obtenida en cada una de ellas, siendo la fórmula F1_P trabajada en una relación 50 % / 50 %, la F2_P en un 25 % / 75 % y la F3_P en un 75 % / 25 % respectivamente

4.4. Proceso de elaboración de las tres formulaciones de galletas

A continuación, se detalla el diagrama de flujo del proceso de elaboración de las tres formulaciones para la preparación de galletas.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las tres formulaciones F1_p, F2_p y F3_p para la preparación de las galletas









Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de flujo se observan los pasos realizados para la producción de las galletas aplicando las tres formulaciones creadas.

4.5. Producción de las tres formulaciones de las galletas

Las galletas elaboradas se muestran a continuación como producto final obtenido de cada formulación.

Tabla VIII. Producto terminado obtenido de cada formulación

Formulación F3 _p	Formulación F1 _p	Formulación F2 _p
		
		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII, se ilustra el producto terminado obtenido con cada una de las tres formulaciones, ordenadas de menor a mayor porcentaje de harina de cáscara de banana presente en las galletas elaboradas.

4.6. Evaluación sensorial del nivel de aceptabilidad de las galletas producidas

Basado en un análisis sensorial a 30 panelistas se obtuvieron los promedios de aceptación los cuales se presentan a continuación.

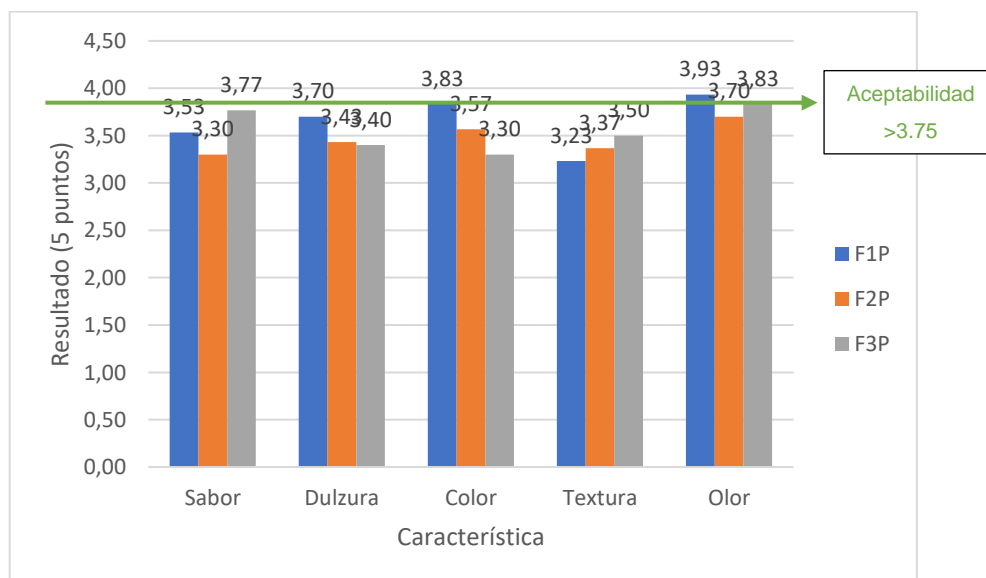
Tabla IX. **Promedio de análisis sensorial de las tres recetas de galletas formuladas, según la prueba hedónica de 5 puntos.**

	F1P	F2P	F3P
Sabor	3.53	3.30	3.77
Dulzura	3.70	3.43	3.40
Color	3.83	3.57	3.30
Textura	3.23	3.37	3.50
Olor	3.93	3.70	3.83

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IX, se muestran los promedios de los resultados del panel sensorial realizado a 30 personas no entrenadas sobre la aceptabilidad de las formulaciones, siendo el nivel de aceptabilidad de 3.75.

Figura 6. **Análisis sensorial de las tres recetas de galletas formuladas, según prueba hedónica de 5 puntos**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 6, se observa el nivel de aceptabilidad por atributo que los panelistas sensoriales indicaron tener respecto a las tres formulaciones realizadas.

El resultado del análisis de varianza por atributo es el siguiente:

Tabla X. **Resumen de análisis de varianza en resultados de análisis sensorial**

Atributo	Valor F	F Crítico	Cumplimiento de hipótesis		Conclusión
			Nula	Alternativa	
Sabor	1.35	2.759	X		No existe diferencia significativa
Dulzura	0.7	2.759	X		
Color	1.75	2.759	X		
Textura	0.41	2.759	X		
Olor	0.39	2.759	X		

Fuente: elaboración propia.

La tabla X, muestra que no hay diferencias significativas entre las medias obtenidas del panel sensorial por atributo analizado, dichas medias se compararon según la formulación utilizada.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Determinación de curvas de secado del proceso de deshidratación de la cáscara de banano

La figura 2, muestra la curva de secado donde se observa el comportamiento del peso de la muestra de cáscara de banano conforme transcurre el tiempo dentro del secador por convección forzada. La tendencia de la curva es descendente, debido a la acción del aire caliente dentro del secador, el cual evapora el agua disponible presente en la cáscara y reduce su peso.

El tiempo utilizado fue de 12 horas debido a que en el último lapso del proceso de secado representado en la figura se logra identificar que el cambio en el peso es menos significativo, indicando que queda poco residual de agua dentro de la muestra.

El comportamiento del porcentaje de humedad en base húmeda respecto al tiempo se observa en la figura 3. Acorde a Martines y Lira (2010), este contenido de humedad representa el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra de cáscara de banano respecto a su masa total. En este caso el comportamiento también es descendente debido a la pérdida de masa de agua presente en la cáscara.

El agua removida entre los intervalos de horas mantuvo una cantidad similar entre cada uno durante las primeras 10 horas, dejando las últimas dos horas con un intervalo de agua removida menor que la mantenida en las horas previas debido a que en último lapso el agua por remover se encuentra en el centro de

las partículas de muestra de cáscara. La presencia de agua en la superficie es fácil de remover debido a la accesibilidad que posee el aire sobre la muestra, lo contrario al agua presente en el centro de la muestra.

La curva presentada en la figura 4 compara la humedad en base seca respecto al tiempo transcurrido, donde se muestra la relación de la masa de agua de la muestra respecto a la masa del producto completamente seco, también como es indicado por Martines y Lira (2010).

El comportamiento muestra la misma tendencia que las dos figuras anteriores, a partir de la séptima hora transcurrida se observa que se están obteniendo pesos con menos variedad comparado con el peso en la hora anterior.

Debido a que los pesos en el último lapso transcurrido no presentan una variación similar a las primeras horas a consecuencia de que se dificulta más el remover el último residual de agua en la muestra, cómo se observa en la figura 2, sino que presentan una tendencia a la estabilidad del peso, el comportamiento de la curva es descendente, pero con menos cambios significativos en las últimas horas.

Los comportamientos de estas tres curvas son similares a las obtenidas por Hincapie, Vásquez, Galicia e Incapie (2014) con el secado de la cáscara de mango, donde se observa un comportamiento descendente conforme transcurre el tiempo debido al incremento en la velocidad de evaporación del agua que se encuentra en la superficie de la cáscara gracias a la rápida distribución y migración de la humedad en esa superficie.

- Rendimiento de la obtención de fibra en la cáscara de banano posterior al secado

En la tabla III, se presenta el rendimiento obtenido de material seco posterior al tratamiento térmico, el cual fue de 11.23 %, esto se debe a que la muestra presenta un peso de agua del 89.75 % del peso total de la muestra, obtenido posterior a un análisis químico proximal a una muestra de 30 g de la harina para remover la totalidad del agua residual aún presente después del secado. Tomando en cuenta dichos datos, el proceso de secado logró ser eficiente debido a que dejó menos del 10 % de humedad en la muestra, lo que facilitó la molienda y tamizado para la obtención de la harina.

Al comparar este rendimiento con el obtenido por Melgar (2016), se puede verificar que la cáscara no aporta un porcentaje alto de materia seca al peso, al ver que el porcentaje obtenido de plátano con cáscara y sin cáscara después del secado son muy parecidos, lo que nos evidencia que el nivel de humedad es alto en las cáscaras de este tipo de fruta.

- Elaboración de tres formulaciones con proporciones controladas de harina de trigo y la materia seca de la cáscara de banano

Las formulaciones creadas se presentan en la tabla IV, tomando el total de harina de trigo y material seco de cáscara de banano como un 100 %, para posteriormente variar las proporciones de cada una. Los demás ingredientes mantuvieron el mismo peso en la formulación para que no presentaran injerencia en alguna diferencia en el perfil sensorial, dejando como única variación la proporción antes mencionada.

Se utilizó azúcar granulada y morena para agregar la dulzura a las galletas, mantequilla para sumar cremosidad y sabor a la mezcla y huevo el cual actuó como emulsificante para integrar la mezcla de los ingredientes antes mencionados a las harinas. Las proporciones de harina en las fórmulas se establecieron en la relación harina de trigo/harina de cáscara de banano de manera 75:25, 50:50, 25:75 cada una, para identificar los diferentes resultados en el producto terminado.

- Elaboración de galletas con cada formulación preparada

La figura 5, muestra el proceso de elaboración de las galletas para cada formulación creada. Se inicia con la incorporación del azúcar y la mantequilla debido a que es necesario el poder diluir los granos de azúcar previo a mezclar todos los ingredientes, debido a su textura si no se logra la incorporación íntegra al momento de mezclar el resto de los ingredientes quedarán granos aun sin diluir, lo cual podría afectar la percepción sensorial del producto final.

Posteriormente se agrega el huevo para cumplir con su función de emulsificante previo a incorporar las harinas. Dichas harinas se maceran previo a agregarlas a la mezcla debido a que se deben incorporar de forma homogénea. La incorporación de otros ingredientes que pudieran potencializar o mejorar el sabor no fueron considerados para el estudio para obtener un producto terminado donde la percepción sensorial fuera modificada solamente por los cambios en la harina de cáscara de banano agregada.

En la tabla V, se muestra el producto terminado obtenido con cada una de las formulaciones, donde se observa como la proporción presente de harina de cáscara de banano puede modificar la apariencia de las galletas. La muestra con proporción 75:25 de harina de cascara de banano, harina de trigo (F2_p) presenta

una tonalidad de café oscuro más intenso que la presentada en la formulación 25:75 (F3_p).

- Nivel de aceptabilidad de las galletas elaboradas

El panel sensorial fue realizado a 30 panelistas no entrenados, midiendo su aceptabilidad mediante una prueba hedónica de cinco puntos. Acorde a la tabla VI, siguiendo un nivel de aceptabilidad del 75 % (3.75 de media) para cada atributo, la percepción de los panelistas superó el nivel de aceptabilidad en el atributo de color para la formulación F1_p y en los atributos de sabor y olor para la formulación F3_p, siendo los atributos de dulzura y textura no aceptables para los panelistas en las tres formulaciones. Según las boletas del panel sensorial realizado, muestran que la formulación F3_p fue la preferida por los panelistas al analizar las muestras.

Acorde al análisis de varianza de los resultados obtenidos por el panel sensorial, las medias por atributo no muestran una diferencia significativa entre ellas. A diferencia de lo presentado por Girón Ortiz (2016), en el cual sí existieron diferencias significativas después del análisis de varianza realizado a las galletas elaboradas, con la salvedad que en este caso se realizó el panel sensorial con 50 personas.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron las curvas de secado del proceso de deshidratación de la cáscara de banano mediante el estudio del comportamiento del peso y humedad respecto al tiempo transcurrido, presentando un comportamiento descendente característico en cada una de ellas.
2. El rendimiento obtenido de materia seca posterior al molido y tamizado fue bajo al compararlo al peso inicial de la muestra, pero fue acorde al porcentaje de humedad presente en las cáscaras, por lo que es el porcentaje esperado.
3. Se logró la elaboración de las tres formulaciones de galletas siendo las únicas variantes entre ellas las proporciones definidas de harina de trigo y la fibra obtenida de la cáscara de banano, lo cual sirvió de indicativo al presentarse diferencias en la percepción del producto final por parte del consumidor.
4. Se pudieron obtener las galletas como producto terminado para cada una de las formulaciones creadas siguiendo el proceso de producción establecido en el diagrama de flujo elaborado.
5. El nivel de aceptabilidad por atributo fue favorable en el caso del color y olor para la formulación F1p y en el caso del sabor y olor para la formulación F3p, dejando los atributos de textura y dulzura debajo del nivel aceptable para las tres formulaciones, pero los datos no presentaron diferencias significativas acorde al análisis de varianza realizado.

RECOMENDACIONES

1. Estudiar cambios a la formulación con ingredientes que mejoren la percepción del consumidor respecto a los atributos de dulzura y textura en las galletas, para obtener mejor aceptabilidad del producto final.
2. Aumentar el número de panelistas sensoriales para aumentar la posibilidad de obtener diferencias significativas posterior al mejoramiento de la fórmula.
3. Realizar un estudio de metales pesados al producto seco, para validar que cumple con las regulaciones establecidas con las harinas utilizadas actualmente, debido a que no hay una regulación específica para cáscara de banano.
4. Aplicar un pretratamiento previo al secado para la inactivación de las enzimas presentes en la cáscara de banano para reducir su pardeamiento y mejorar la coloración final del producto seco.
5. Establecer un Pantone de colores de la cáscara para la selección del nivel de madurez de los bananos a utilizar para favorecer su estandarización.

REFERENCIAS

1. Angurell, I. (2017). *Secado. Operaciones básicas en el laboratorio de química*. Barcelona: España: Universidad de Barcelona. Recuperado de <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/dessecacio.html>
2. Arola, P. (22 de noviembre, 2014). Banano. Plátano. (*Musa x paradisiaca*). [Mensaje en un blog]. Recuperado de arboles-con-alma.blogspot.com/2014/11/banano-platano-musa-x-paradisiaca.html
3. Carías, J. (2015). *Elaboración de una harina de cáscara de banano (Musa x paradisiaca (L.) Merr) para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3036/1/Julio%20Javier%20Car%C3%ADas%20Alvarado.pdf>
4. Carrión, K. J. (2015). *Elaboración y evaluación nutricional de galletas funcionales a base de harina de haba (vicia faba l.) enriquecidas con extracto hidrofílico de camote (ipomoea batatas l.)* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4383>

5. Ceballos, A, y Montoya, S. (enero, 2013). Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 113-120. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a13.pdf>
6. Delfín, K., López, A. y Mondragón, M. C. (marzo, 2016). Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. 3(5), 1-12. Recuperado de <http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/551>
7. García, M. (julio, 2014). Análisis Sensorial de Alimentos. *Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 2(3), 1-22.
8. Gaytan, J. (2009). *Procesos de separación II*. Ciudad de México, México: Aguilar S.A. Recuperado de <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/Procesos%20II.pdf>
9. Girón, J. A. (2016). *Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca) enriquecidas con semillas de zambo (Cucurbita ficifolia) y endulzadas con Stevia* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
10. Gómez, M. (2015). *Manejo adecuado de los residuos sólidos inorgánicos, como medida de protección y mejoramiento del Medio Ambiente* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala,

Guatemala. Recuperado de
http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_6143.pdf

11. Gonzalo, G. (2018). *Hábitos de vida saludable: fibra alimentaria*. Madris, España: Fundación Hipercolesterolemia Familiar.
12. Guerrero, J., Trejo, M., Moreno, J., Lira, A. y Pascual, S. (septiembre, 2016). Extracción de fibra de los desechos agroindustriales de cacahuate, para su aplicación en el desarrollo de alimentos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 806-812. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/9/140.pdf>
13. Hernández, E. (2005). *Evaluación sensorial*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de https://www.academia.edu/22625186/EVALUACION_SENSORIAL
14. Hincapie, A., Vásquez, C., Galicia, S., y Incapie, A. (julio, 2014). Propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (mangifera indica l.): efecto del secado por convección. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 153-160. Recuperado de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biologia/article/view/311>
15. Huerta, S. (2018). *Planta piloto de fermentaciones: Secado*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sho/Secado.pdf>

16. Marin, J. (2005). *Introducción al diseño de experimentos*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Diseno/IntroDE.pdf>
17. Martines, E., y Lira, L. (octubre, 2010). Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. *Simposio de metrología 2010*. Simposio llevado a cabo en Querétaro, México.
18. Mayorga, A. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de banano y su aplicación en un producto alimenticio* (Tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2598/1/36051.pdf>
19. Melgar, A. (2016). *Evaluación del proceso de producción de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para la preparación de atol y su caracterización proximal y sensorial* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
20. Mendes, J. (2005). *A Aventura das Plantas e os Descobrimentos Portugueses*. Lisboa, Portugal: Chaves Ferreira Publicações. Recuperado de http://www2.iict.pt/archive/doc/FICHA-AVENT_PLANTAS.pdf
21. Molienda y tamizado. (2012). EcuRed. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Molienda>

22. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
FAO. (2009). *Glosario de agricultura orgánica*. Roma: Autor.
Recuperado de
<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/012/k4987t/k4987t.pdf>

23. Organización de las Naciones Unidas para la Educación de la Ciencia y
la Cultura (UNESCO). (2005). *Guía de uso de secadores solares
para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*.
Montevideo: Autor. Recuperado de
<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>

24. Perry, R. (1986). *Manual del ingeniero químico*. México: McGraw-Hill.

25. Quiminet. (2009). El proceso de cribado o tamizado. Recuperado de
<https://www.quiminet.com/articulos/el-proceso-de-cribado-o-tamizado-34166.htm>

26. Ramírez, A., y Pacheco de Delahaye, E. (abril, 2009). Propiedades
funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de banano,
guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298. Recuperado de
<http://www.redalyc.org/pdf/339/33911575012.pdf>

27. Rasgado, S., Trejo, M., y Pascual, S. (abril, 2016). Extracción de fibra en
residuos agroindustriales de banano para su aplicación en
alimentos funcionales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y
Tecnología de Alimentos. México*. 1(1), 448-453. Recuperado de
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/77.pdf>

28. Sosa, G. (2017). *Formulación de una galleta a base de la mezcla de harina de trigo (*Triticum secale*) con semillas de chía (salvia hispánica), en la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8253/>

APÉNDICES

Apéndice 1. Registro de recolección de datos preliminar

Universidad de San Carlos de Guatemala	Versión 1
Registro de proceso de secado Preliminar	Página 1 de 1

Instrucciones: Llenar la siguiente tabla con los datos solicitados

	Material	Peso Inicial (kg)	Peso 1:30 h de secado (kg)	Peso 3 h de secado (kg)	Peso 4:30 h de secado (kg)	Peso 6 h de secado (kg)	Porcentaje de Humedad final
Cáscara completa	Craft						
	Sin papel						
Cáscara a la mitad	Craft						
	Sin papel						

Observaciones:

Elaborado por: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Registro de recolección de datos**

Universidad de San Carlos de Guatemala	Versión 1
Registro de Control de proceso (Secado de cáscara)	Página 1 de 1

Instrucciones: Llenar la siguiente tabla con los datos solicitados

Tamaño de cáscara: _____ Material usado de base: _____

Bandeja	Peso Inicial (kg)	Peso 1:30 h de secado (kg)	Peso 3 h de secado (kg)	Peso 4:30 h de secado (kg)	Peso 6 h de secado (kg)	Porcentaje de Humedad final
1						
2						
3						
4						
5						

Observaciones:

Elaborado por: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Boleta de panel sensorial**

Universidad de San Carlos de Guatemala	Versión 1
Panel Sensorial	Página 1 de 1

BOLETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

CÓDIGO: _____

FECHA _____

INSTRUCCIONES

Esta es una prueba sensorial de aceptación:

1. Usted ha recibido 3 muestras, pruebe las muestras de izquierda a derecha
2. En cada casilla se debe calificar cada atributo según el cuadro de resultados (DE 1 A 5).
3. Coloque una **“X”** en el código de muestra que sea de su preferencia. Debe escoger una, aunque no le sienta diferencia y escriba por qué.
4. Recuerde repartir la muestra por toda la boca para la identificación del atributo y enjuagarse la boca entre cada evaluación con agua y esperar antes de degustar la siguiente muestra.

ESCALA DE ACEPTACIÓN

1= Me disgusta Mucho

4= Me gusta

2= Me disgusta

5= Me gusta mucho

3= No me gusta ni me disgusta

PRODUCTO	ATRIBUTOS					PREFERENCIA
	Sabor	Dulzura	Color	Textura	Olor	(X)

PORQUE DE SU PREFERENCIA: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4.

Datos del proceso de secado de la cáscara de banano

Tiempo (h)	Peso de muestra (g)	Peso seco (g)	Peso agua (g)	Humedad en base húmeda (%)	Humedad en base seca (g agua/g solido seco)
0	6119.81	639.52	5480.29	89.55	8.57
1	5327.36	639.52	4687.84	88.00	7.33
2	4487.41	639.52	3847.89	85.75	6.02
3	3187.20	639.52	2547.68	79.93	3.98
4	2759.12	639.52	2119.60	76.82	3.31
5	2115.00	639.52	1475.48	69.76	2.31
6	1850.00	639.52	1210.48	65.43	1.89
7	1397.39	639.52	757.87	54.23	1.19
8	1150.00	639.52	510.48	44.39	0.80
9	989.67	639.52	350.15	35.38	0.55
10	836.50	639.52	196.98	23.55	0.31
11	713.53	639.52	74.01	10.37	0.12
12	687.12	639.52	47.60	6.93	0.07

Fuente: elaboración propia.

El apéndice anterior muestra el comportamiento del peso de las cáscaras de banano durante el periodo de secado, la columna de Peso seco (g) para 639.52g se basa en los resultados del análisis químico proximal, donde se indica un 10.45 % de materia seca.

Apéndice 5. **Resultados de panel sensorial realizado para la formulación
F1p: 50 % harina de trigo / 50 % harina de cáscara de banano**

Panelista	ATRIBUTOS					PREFERENCIA
	Sabor	Dulzura	Color	Textura	Olor	(X)
1	4	3	4	3	4	
2	5	4	5	4	5	X
3	5	5	5	5	5	
4	4	4	4	4	4	X
5	4	4	4	2	4	
6	3	4	5	1	5	
7	2	3	4	2	3	
8	4	3	3	2	4	
9	5	5	5	4	5	X
10	1	4	1	1	3	
11	4	4	2	4	4	X
12	4	5	5	5	5	
13	3	3	3	2	3	
14	4	3	3	4	3	X
15	2	1	4	2	5	
16	5	5	4	4	3	X
17	3	3	4	4	4	
18	4	3	4	3	3	X
19	3	3	3	4	3	
20	2	3	3	2	2	
21	4	4	4	4	4	
22	5	5	5	5	5	X
23	3	3	2	3	5	
24	1	3	3	2	3	
25	2	4	4	3	3	
26	3	4	4	2	4	
27	3	2	3	3	3	
28	5	4	5	4	5	
29	5	5	5	4	5	
30	4	5	5	5	4	
PROMEDIO:	3.53	3.70	3.83	3.23	3.93	8

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Resultados de panel sensorial realizado para la formulación
F2p: 75 % harina de trigo / 25 % harina de cáscara de banano**

Panelista	ATRIBUTOS					PREFERENCIA
	Sabor	Dulzura	Color	Textura	Olor	(X)
1	3	2	5	2	2	
2	4	3	5	4	5	
3	4	5	5	5	5	
4	2	2	2	2	2	
5	4	4	3	3	3	
6	3	3	1	4	5	
7	4	4	2	2	5	X
8	3	4	4	4	5	X
9	5	5	5	4	5	
10	1	1	1	1	1	
11	3	3	3	3	3	
12	5	5	5	4	5	X
13	3	3	3	4	3	X
14	4	3	3	3	3	
15	4	4	4	3	3	X
16	2	4	5	5	3	
17	4	4	5	5	5	X
18	3	3	2	2	3	
19	2	2	3	3	3	
20	2	3	4	3	3	X
21	4	4	4	3	4	
22	4	4	4	4	4	
23	3	3	2	3	5	
24	1	1	2	2	2	
25	2	2	3	2	2	
26	4	4	3	4	4	X
27	3	4	5	3	3	X
28	4	5	4	4	5	
29	5	4	5	5	5	X
30	4	5	5	5	5	
PROMEDIO:	3.30	3.43	3.57	3.37	3.70	10

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Resultados de panel sensorial realizado para la formulación
F3p: 75 % harina de trigo / 25 % harina de cáscara de banano**

Panelista	ATRIBUTOS					PREFERENCIA
	Sabor	Dulzura	Color	Textura	Olor	(X)
1	5	4	3	4	3	X
2	3	3	3	3	4	
3	5	5	4	5	5	X
4	3	2	4	3	3	
5	5	4	4	4	5	X
6	4	4	4	4	4	X
7	2	2	2	2	3	
8	4	3	3	4	4	
9	5	4	3	4	5	
10	3	1	1	1	3	X
11	3	3	3	3	3	
12	3	4	4	4	4	
13	3	3	2	3	2	
14	4	3	3	2	3	
15	2	1	3	5	5	
16	4	4	2	2	3	
17	4	3	3	4	4	
18	3	3	3	2	3	
19	4	4	4	4	4	X
20	2	3	2	2	2	
21	5	4	5	5	4	X
22	4	4	4	4	4	
23	4	4	4	4	5	X
24	4	4	4	5	4	X
25	4	4	3	3	4	X
26	2	1	3	2	4	
27	4	4	3	3	3	
28	5	5	4	4	5	X
29	5	5	4	5	5	
30	5	4	5	5	5	X
PROMEDIO:	3.77	3.40	3.30	3.50	3.83	12

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Análisis de varianza de los resultados de sabor**

Fuente	GL	Media	Desv.Est.	IC de 95 %	Valor F	Valor crítico de F
Factor	2	3.53	1.196	(3.134; 3.932)	1.35	2.759
Error	87	3.3	1.088	(2.901; 3.699)		
Total	89	3.76	1.006	(3.368; 4.166)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Análisis de varianza de los resultados de la dulzura**

Fuente	GL	Media	Desv.Est.	IC de 95 %	Valor F	Valor crítico de F
Factor	2	3.7	0.988	(3.309; 4.091)	0.7	2.759
Error	87	3.433	1.135	(3.043; 3.824)		
Total	89	3.4	1.102	(3.009; 3.791)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Análisis de varianza de los resultados del color**

Fuente	GL	Media	Desv.Est.	IC de 95%	Valor F	Valor crítico de F
Factor	2	3.833	1.053	(3.433; 4.234)	1.75	2.759
Error	87	3.567	1.305	(3.166; 3.967)		
Total	89	3.3	0.915	(2.900; 3.700)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Análisis de varianza de los resultados de la textura**

Fuente	GL	Media	Desv.Est.	IC de 95 %	Valor F	Valor crítico de F
Factor	2	3.233	1.194	(2.818; 3.648)	0.41	2.759
Error	87	3.367	1.098	(2.952; 3.782)		
Total	89	3.5	1.137	(3.085; 3.915)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Análisis de varianza de los resultados del olor**

Fuente	GL	Media	Desv.Est.	IC de 95 %	Valor F	Valor crítico de F
Factor	2	3.933	0.907	(3.559; 4.307)	0.39	2.759
Error	87	3.7	1.236	(3.326; 4.074)		
Total	89	3.833	0.913	(3.459; 4.207)		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Obtención de muestra de cáscara de banano como subproducto**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Preparación de la cáscara previo al proceso de secado**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Proceso de secado en horno de convección forzada**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Proceso de molienda y tamizado de cáscara de banano seca**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. **Harina de cáscara de banano recolectada (687.12g)**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. **Preparación de la fórmula F2P (25% harina de trigo y 75 % harina de cascara de banano)**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Preparación de la fórmula F1_P (50 % harina de trigo y 50 % harina de cascara de banano)**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 20. **Preparación de la fórmula F3_P (75% harina de trigo y 25 % harina de cascara de banano):**



Fuente: elaboración propia.


Apéndice 21. Realización del panel sensorial a 30 panelistas no entrenados




Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Análisis químico proximal de la harina de cáscara de banano



FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Escuela de Zootecnia
 Unidad de Alimentación Animal

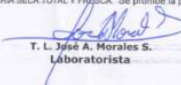
Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
 Ciudad de Guatemala
 Teléfono: 24188307 - Teléfono: 24188300 ext. 8411
 E-mail: bromato200@yahoo.es

Solicitado por: REINA CASTELLANOS, Dirección: CIUDAD, GUATEMALA, No. 253


Fecha de recibida la muestra: 05-10-2020, Fecha de realización: DEL 12 AL 14-10-2020


Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. En PEP. %	A.G.L. %	TND %	E.B. kcal/Kg
306	HARINA DE CÁSCARA DE BANANO	SECA	89.55	10.45	5.51	7.29	6.99	13.22	66.99	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	0.58	0.76	0.73	1.38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES: DICHOS RESULTADOS FUERON CALCULADOS EN BASE A MATERIA SECA TOTAL Y FRESCA. Se prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.



T. L. José A. Morales S.
Laboratorista





Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Fuente: Laboratorio de Bromatología FMVZ.

