



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON
HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y
PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL**

Paula Alejandra Pisquiy Pellecer

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma Ramos

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON
HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y
PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PAULA ALEJANDRA PISQUIY PELLECCER

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA RAMOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Chistian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdoba
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

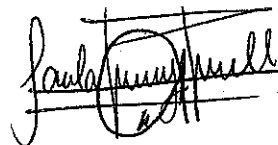
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL

Tema que me fuera asignado por la dirección de la carrera de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 24 de mayo de 2013.



Paula Alejandra Pisquiy Pellecer

Guatemala, 21 de Abril de 2015

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería Química
Director de Escuela
Ingeniero Víctor Manuel Monzón Valdez

Estimado ingeniero,

Por este medio me dirijo a usted deseándole éxitos y bendiciones en sus labores cotidianas.

El motivo de la presente es para informarle que he revisado y aprobado el informe final de investigación del trabajo de graduación que tiene por título,
FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL.

El cual fue desarrollado por la estudiante de Ingeniería Química, Paula Alejandra Pisquiy Pellecer quien se identifica con el número de carné 2008-19144.

Esperando su pronta respuesta y agradeciendo su atención, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ingeniera Hilda Piedad Palma Martini

Asesora

Colegiado No. 453

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453



Guatemala, 03 de agosto de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.044.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **053-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Paula Alejandra Pisquiy Pellecer**.
Identificada con número de carné: **2008-19144**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

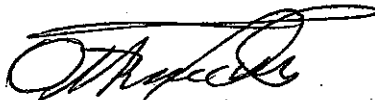
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martini**.

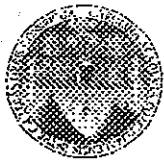
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Otto Raúl De León De Paz
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.152.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **PAULA ALEJANDRA PISQUIY PELLECCER** titulado: **"FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Otto Raúl de León de Paz
Director a.i.
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale





El Decano 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 Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **FORMULACIÓN DE UNA GALLETA NUTRICIONAL DE TRIGO, ENRIQUECIDA CON HARINA DE PALMISTE COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO A NIVEL PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DEL DISEÑO DEL PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL**, presentado por la estudiante universitaria: **Paula Alejandra Pisquiy Pellecer** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2015



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el pilar de mi vida; por guiar mí camino y otorgarme infinitas bendiciones.
- Mi padre** César Pisquiy, por ser mi ejemplo, mi fortaleza, mi héroe; por hacer de mí una mujer fuerte y luchadora, capaz de lograr sus metas y sueños.
- Mi madre** Maribel Pellecer, por apoyarme incondicionalmente, por ser mi amiga, mi confidente y enseñarme a ser una mujer sencilla y bondadosa.
- Mis hermanos** César y Julia Pisquiy Pellecer, por apoyarme en las buenas y en las malas, por las alegrías y tristezas. Gracias por su amor incondicional, por sus consejos y peleas.
- Mis abuelos** José Aparicio Pisquiy Quemé (q. e. p. d.), María Estéfana Morales Ixcaragua (q. e. p. d.), Julio Rodolfo Pellecer Cruz (q. e. p. d.), Julia Alicia Nuila Hub (q. e. p. d.), Aida Moreno Iriarte (q. e. p. d.), por ser la base de mi familia, ser ejemplo de amor y unidad.

Augusto Chew

Por tu apoyo y amor incondicional, por motivarme a seguir adelante; por acompañarme en mis momentos alegres y de estrés durante estos 7 años.

Mis primas

Estéfana y Verónica Pisquiy, por ser mis amigas, hermanas y compañeras de fiesta. Las adoro y les agradezco su apoyo incondicional.

Mis padrinos

Carlos Pisquiy y Silvia Rivera de Pisquiy, por guiarme, amarme, apoyarme y por ser como mis papás.

Mi familia

Mis tíos, tías, primos y sobrinos, por formar parte de mi linda familia y en especial a mi prima Karla Alejandra Pisquiy Rivera (q. e. p. d.) quien siendo un angelito en el cielo, motivó a que culminara mi carrera.

Mis amigos

Andrés Báttén, Maria Reneé Ramirez, Alejandra Caballero, Illian León, Roberto Ramirez, Augusto Morales, Edwin Cortez, Oscar Córdova, Gabriela Jo, Max Pérez, Eddie Viana y Marisa Oliva; por apoyarme durante mi carrera, por todos los momentos de felicidad tristeza y estrés.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudio, brindarme los conocimientos y convertirme en una profesional.

Mi padre

Por su apoyo, dedicación y esfuerzo; por ser un hombre respetable y trabajador. Por todos sus sacrificios para brindarle a su familia un mejor futuro. Soy el resultado de tu amor y dedicación.

Mi madre

Por ser mi fortaleza, por creer en mí y motivarme a seguir adelante.

Inga. Hilda Palma

Por su asesoría, por transmitir sus conocimientos y apoyar a los jóvenes a alcanzar sus sueños; por ser una catedrática, mujer y madre respetable y ejemplar.

Augusto Chew

Por ser mi compañero y amigo, por ser una persona admirable con un gran corazón y por luchar a mi lado.

CECTA

Centro de Estudio en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala, por abrirme sus puertas para

realizar el análisis experimental; por creer en mis conocimientos y en mi proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Determinación del problema.....	2
1.3.1. Definición	3
1.3.2. Delimitación	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Harina de palmiste.....	5
2.1.1. Aspectos generales	5
2.2. Morfología de la palma africana	6
2.2.1. Racimos y frutos	6
2.2.2. Características.....	8
2.2.3. Valor nutricional	9
2.2.4. Proceso de obtención	10
2.3. Alimentos nutritivos	16
2.3.1. Conceptos básicos	16

2.4.	Formulación de un producto nuevo	17
2.4.1.	Niveles de los productos	18
2.5.	Evaluación sensorial	18
2.5.1.	Definición.....	19
2.5.2.	Clasificación de las evaluaciones	19
2.5.3.	Escala hedónica	20
2.5.4.	Prueba hedónica	20
2.6.	Análisis proximal	21
2.6.1.	Componentes nutricionales	21
2.6.1.1.	Cenizas en harinas, método directo AOAC 923.03	22
2.6.1.2.	Proteínas: método Kjeldahl: método AOAC 954.01	22
2.6.1.3.	Fibra cruda	23
2.6.1.4.	Grasa cruda: método AOAC 920.39.....	23
2.7.	Diseño de proceso	24
2.7.1.	Recepción de la materia prima.....	24
2.7.2.	Preparación de harina	24
2.7.2.1.	Análisis de laboratorio	25
2.7.2.2.	Molino de discos.....	25
2.7.2.3.	Tamizado: vibratorio.....	25
2.7.3.	Almacenamiento de la materia prima: silos	26
2.7.4.	Proceso de producción.....	26
2.7.4.1.	Pesado	26
2.7.4.2.	Dosificación	26
2.7.4.3.	Mezclado: mezcladora horizontal	27
2.7.4.4.	Amasado: amasadora	27
2.7.4.5.	Transportadores de banda	27
2.7.4.6.	Moldes.....	27

	2.7.4.7.	Secado u horneado	28	
	2.7.4.8.	Refrigeración	29	
	2.7.4.9.	Envasado o empaquetado	29	
3.	METODOLOGÍA.....		31	
3.1.	Variables.....		31	
	3.1.1.	Determinación de humedad.....	31	
	3.1.2.	Determinación de cenizas	32	
	3.1.3.	Determinación de proteína	32	
	3.1.4.	Determinación de grasas	33	
	3.1.5.	Determinación de fibra.....	34	
3.2.	Delimitación de campo de estudio		35	
3.3.	Recursos humanos disponibles		35	
3.4.	Recursos materiales disponibles		36	
	3.4.1.	Analítico	36	
	3.4.2.	Maquinaria	36	
	3.4.3.	Equipo de cómputo	37	
	3.4.4.	Información	37	
	3.4.5.	Materia prima.....	37	
3.5.	Técnica cuantitativa.....		37	
	3.5.1.	Diseño general.....	38	
		3.5.1.1.	Caracterización de la harina de palmiste	40
		3.5.1.2.	Preparación de la mezcla enriquecida	40
		3.5.1.3.	Análisis de las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y biológicas de las mezclas	40
		3.5.1.4.	Elaboración de galletas nutricionales ..	41

3.5.1.5.	Evaluación hedónica	41
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	41
3.6.1.	Métodos para determinación de análisis proximales	42
3.6.2.	Método para la prueba de aceptación general	42
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	42
3.7.1.	Tamizado de la harina de palmiste.....	42
3.7.2.	Formulación.....	43
3.7.3.	Análisis proximal	43
3.7.4.	Evaluación de aceptabilidad con base en una escala hedónica	44
3.7.5.	Muestreo	44
3.7.6.	Tablas de recolección de datos.....	44
3.8.	Análisis estadístico.....	47
3.8.1.	Grados de libertad y valor crítico.....	48
3.8.2.	Cálculos para tabla Anova.....	48
3.8.2.1.	Interpretación de Anova	50
4.	RESULTADOS.....	55
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	67
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	APÉNDICES.....	81
	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diferentes tipos de fruto	7
2.	Fruto de palma africana	8
3.	Diagrama de flujo del proceso.....	39
4.	Mezclas de harina enriquecidas con palmiste.....	58
5.	Evaluación sensorial para la mezcla núm. 1 con 0 por ciento de palmiste.....	59
6.	Evaluación sensorial para la mezcla núm. 2 con 5 por ciento de palmiste.....	60
7.	Evaluación sensorial para la mezcla núm. 3 con 10 por ciento de palmiste.....	61
8.	Evaluación sensorial para la mezcla núm. 4 con 15 por ciento de palmiste.....	62
9.	Evaluación sensorial para la mezcla núm. 5 con 25 por ciento de palmiste.....	63
10.	Proceso de producción.....	65

TABLAS

I.	Composición nutricional de torta de palmiste.....	9
II.	Composición nutricional de harina de palmiste	10
III.	Variables independientes y dependientes en la determinación de humedad	31

IV.	Variables independientes y dependientes en la determinación de cenizas	32
V.	Variables independientes y dependientes en la determinación de proteínas.....	33
VI.	Variables independientes y dependientes en la determinación de grasas.....	33
VII.	Variables independientes y dependientes en la determinación de fibra	34
VIII.	Porcentaje de harina de palmiste en cada formulación	43
IX.	Determinación de cenizas	44
X.	Determinación de grasas.....	45
XI.	Determinación de proteína	46
XII.	Análisis de varianza.....	49
XIII.	Análisis de varianza entre mezcla 1 y mezcla 2	51
XIV.	Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 3	52
XV.	Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 4	53
XVI.	Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 5	54
XVII.	Composición química y nutricional de palmiste obscuro	55
XVIII.	Composición química y nutricional de palmiste lavado	56
XIX.	Composición química y nutricional de las mezclas enriquecidas ..	57
XX.	Porcentaje de hexano presente en la mezcla seleccionada.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Contenido de cenizas en la muestra
E ₁	Contenido de extracto de la prueba en blanco
N	Contenido de nitrógeno en la muestra
P	Contenido de proteínas en la muestra
W	Contenido total de agua del palmiste
S	Desviación muestral
E	Extracto en el filtrado
FDT	Fibra dietética total
FND	Fibra neutro detergente
K	Factor de conversión de nitrógeno orgánico a proteínas.
W ₂	Humedad fina
W ₁	Humedad gruesa
X	Media muestral
NA	Normalidad del ácido clorhídrico titulante
N	Número total de datos
B	Peso del recipiente que contiene la muestra
RI	Peso del residuo insoluble
RS	Peso del residuo soluble
D	Peso final de la muestra y el recipiente
A	Peso inicial de la muestra
T _c	Total de la columna de cada tratamiento
T	Valor <i>t student</i>

F	Volumen de agua retenida
VA	Volumen del ácido clorhídrico titulante
Vf	Volumen final de la muestra
V0	Volumen inicial ocupado por la muestra

GLOSARIO

Alimento complementario	Cualquier alimento modificado o ingrediente alimenticio que pueda proveer un beneficio para la salud, más del que ordinariamente proporcionan los nutrimentos que contiene en su forma natural.
Análisis sensorial	Es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos, de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos.
Celulosa	. Polímero lineal de residuos de D-glucosa unidos por enlaces β (1- 4) que se asocian mediante puentes de Hidrógeno formando agregados (microfibrillas). Esta estructura la hace una sustancia insoluble en solventes comunes, en particular el agua.
Escala hedónica	También conocida como prueba de aceptación; se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado.
Extracto	Sustancia que en forma concentrada se extraerá de otra, de la cual conservará sus propiedades esenciales y constitutivas.

Extracción Soxlet	Método utilizado para la extracción de muestras sólidas con disolventes afines a compuestos específicos, generalmente conocida como extracción sólido – líquido o lixiviación.
Fibra bruta o cruda	Residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento con ácidos y bases fuertes. Constituye el 20-50 por ciento de la fibra dietética total.
Fibra dietética	Remanente comestible de células vegetales, polisacáridos, lignina y sustancias resistentes a las enzimas digestivas humanas, incluyendo macronutrientes como celulosa, lignina, gomas, mucílagos, oligosacáridos y pectinas. Constituye la estructura de soporte de las paredes celulares de las plantas.
Fibra insoluble	Tipo de fibra que no se disuelve en el agua, pero tiene la capacidad de absorberla. Está formada por: celulosa, hemicelulosa, almidón y lignina.
Fibra soluble	Tipo de fibra que se disuelve en el agua y al disolverse forma un gel o gelatina en el intestino. Está formada por: pectinas, gomas y mucílagos.
Harinas compuestas	Mezclas de harina de trigo con harinas de cereales, para hacer panes y galletas. La mezcla de harinas de otros cereales y raíces, puede también considerarse como una tecnología de harinas compuestas.

Harina de palmiste	Es el residuo de la extracción del aceite de la semilla de la palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>), que se cultiva en zonas tropicales.
Harina de trigo	Harina elaborada con trigo común, <i>Triticum aestivium</i> L. o con trigo ramificado, <i>Triticum compactum</i> Host., o una mezcla de los mismos para utilizarla en la elaboración de productos alimenticios.
Proteínas	Macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; la mayoría también contienen azufre y fósforo. Están formadas por la unión de varios aminoácidos, unidos mediante enlaces peptídicos.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la utilización del subproducto obtenido en la extracción de aceite de la palma africana; este residuo es conocido como palmiste; el cual será empleado para el desarrollo de una galleta para beneficio de la niñez guatemalteca.

Para el efecto, se realiza una evaluación nutricional, así como de las principales propiedades fisicoquímicas de dicho subproducto, utilizando dos harinas de palmiste con diferentes características y así poder determinar qué harina posee las mejores características para el desarrollo de las galletas para elaborar el tratamiento experimental correspondiente, tomando en cuenta los cambios de las características organolépticas al introducir en la fórmula distintos porcentajes de harina de palmiste.

En la primera etapa de la investigación se realiza el tamizado de la harina de palmiste obteniendo 4 muestras; determina la composición de dichas muestras con base en los procedimientos establecidos por la AOAC. Siendo la composición promedio la siguiente: humedad 5,81 por ciento, proteína 18,88 por ciento, cenizas 4,04 por ciento, grasas 4,04 por ciento y fibra cruda 20,64 por ciento.

Utilizando el tamiz de la harina con un lavado previo de hexano se corre la segunda etapa de la investigación, que consiste en adicionar porcentajes de harina de palmiste (0, 5, 10, 15 y 25 por ciento) a la harina trigo (100, 95, 90, 85 y 75 por ciento, respectivamente) y mediante el análisis proximal, se determina la mezcla óptima que presenta un elevado beneficio nutricional que

cuenta con las características físicas, químicas y organolépticas de mayor aceptación y adecuadas para la elaboración del producto.

Se realiza una evaluación sensorial de las galletas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo y palmiste (0, 5, 10, 15 y 25 por ciento); se realizó con el fin de determinar cuál de las cinco mezclas era de más agrado para el consumidor, las cinco galletas fueron del agrado de los encuestados, siendo la galleta de la mezcla 4 con 85 por ciento de harina de trigo y 15 por ciento de palmiste, la mejor evaluada; asimismo se realizó la evaluación del contenido de hexano en el producto final, obteniendo la aceptación del mismo; el contenido de hexano se encuentra debajo del límite permisible de ingesta humana, 50 ppm, con un promedio de 36,23 ppm.

La harina de palmiste posee elevados porcentajes nutricionales de proteína y fibra, los cuales se ven afectados, disminuyendo, al realizar la mezcla con la harina de trigo; por lo cual se posiciona por debajo del suplemento alimenticio en comparación con la incaparina.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una galleta nutricional a partir de una mezcla de harina de trigo enriquecida con harina de palmiste en cinco diferentes mezclas (100:0, 95:5, 90:10, 85:15 y 75:25), y proponer el diseño del proceso a nivel industrial mediante un diagrama de flujo.

Específicos

1. Determinar el valor nutricional de la harina de palmiste obtenida por dos diferentes procesos.
2. Determinar el valor nutricional de cinco diferentes formulaciones (100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 75:25) empleando el tamizado que contenga mayor valor nutricional, mediante un análisis proximal (proteína, fibra, cenizas y grasas).
3. Evaluar sensorialmente el producto mediante una prueba de aceptabilidad general, utilizando escala hedónica de nueve puntos.
4. Determinar el % de hexano existente en el producto final.
5. Proponer el diseño del proceso a nivel industrial, mediante un diagrama de flujo.

Hipótesis

Nula: es posible realizar la formulación de una galleta nutricional, que contenga harina de palmiste, la cual cumpla con el requerimiento diario de proteína y fibra permisibles en la ingesta humana y a su vez sea aceptada con base en la prueba hedónica de nueve puntos.

Alternativa: no es posible realizar la formulación de una galleta nutricional que contenga harina de palmiste, la cual cumpla con el requerimiento diario de proteína y fibra permisibles en la ingesta humana y a su vez sea aceptada con base en la prueba hedónica de nueve puntos.

INTRODUCCIÓN

Los desórdenes gastrointestinales, diabetes, obesidad y ciertas enfermedades cardiovasculares, tienen baja incidencia en los países que consumen gran cantidad de fibras. Por ello, la adición de fibra a los alimentos, es una alternativa para compensar su deficiencia en la dieta.

La existencia de productos con alto contenido nutricional ya preparados, es una forma de mejorar la alimentación y de subir la calidad de vida de una persona.

La harina de palmiste es el residuo de la extracción del aceite de la semilla de la palma africana (*Elaeis guineensis*), la mayor parte de la harina de palmiste comercializada se obtiene por extracción mediante presión mecánica (procedimiento *expeller*), y contiene entre un 8 y un 10 % de grasa.

La harina de palmiste en cuanto su valor energético, extraído por prensado es bastante elevado (alrededor de 1,730 Kcal/kg para la harina *expeller*). Su alto contenido en fibra se compensa con un apreciable contenido en grasa; el contenido en proteína total es superior al de los granos de cereales, por lo que la harina es aceptable.

La digestibilidad de la proteína es bastante reducida como consecuencia de su elevado nivel de fibra, por lo que debe ser mezclada con harina de otro tipo para la formulación de la galleta nutricional.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

La harina de palmiste es un subproducto de la industria de aceite, que poco se ha investigado, en lo que refiere a su aplicación en productos nutricionales para el consumo humano. En la actualidad existen dos investigaciones: un informe de ejercicio profesional supervisado de graduación, realizado por Omar Daniel Haroldo Ramírez Porres en la Universidad de San Carlos de Guatemala en julio de 2010, denominado “Determinación de la fórmula de un alimento nutritivo, basado en harina de palmiste”. Ese proyecto consistió en realizar una formulación que contenga como principal ingrediente la harina de palmiste, para un atol con características nutritivas que satisfagan las necesidades nutricionales del ser humano.

En 1992, Sreedhara realizó una investigación basada en la remoción de la testa de la harina de palmiste y su valor nutricional para el consumo humano.

La harina de palmiste es un subproducto obtenido del proceso de extracción de aceite de la semilla de palma africana (*Elaeis guineensis*); la mayor parte de investigaciones realizadas se encuentran referidas a la elaboración de concentrado para animales. Existen dos diferentes tipos de procesos para la obtención de la harina de palmiste, el primero se lleva a cabo mediante prensado (procedimiento *expeller*); al final del proceso la harina contiene entre un 8 y un 10 % de grasa.

El segundo proceso de obtención de harina de palmiste se lleva a cabo por medio de extracción con solventes; este método se caracteriza por su gran rendimiento; la harina obtenida posee un valor proteico superior y menor riesgo de descomposición, pero un valor energético más bajo en comparación con el método mecánico.

1.2. Justificación

En la actualidad, Guatemala atraviesa por una transición nutricional y alimentaria crónica en la cual las personas de escasos recursos, en especial niños y jóvenes, se ven afectadas directamente por esta transición, con el fin de aprovechar el subproducto generado en la producción de aceite de palma y de crear soluciones y beneficiar al sector educativo del Estado, en el desarrollo y mejora de la nutrición de niños en etapa escolar

El proyecto consiste en la formulación de una galleta nutricional, utilizando como base la harina de palmiste debido a su alta aportación de proteína y fibra; el propósito de la galleta es promover el consumo de una alimentación completa, saludable y variada y así poder contrarrestar los problemas de desnutrición en la niñez, para lo cual se llevará a cabo una caracterización nutricional que permita establecer su valor nutricional.

La caracterización nutricional se realizará utilizando análisis proximal de la harina, cuantificando la humedad, cenizas, proteína, fibra y grasa.

1.3. Determinación del problema

La harina de palmiste es el subproducto que genera toda industria de extracción de aceite a partir de la semilla de palma africana (*Elaeis guineensis*);

en Guatemala se obtiene el mayor crédito de producción de aceite por hectárea cultivada, según informes realizados por el director ejecutivo del gremial de palmicultores, para septiembre de 2010 el promedio de obtención de aceite a nivel mundial era de 3.2 toneladas.

Guatemala supera dicho promedio con 5 toneladas por hectárea, por lo cual lo hace un proceso factible y existen muchas empresas que trabajan con dicho producto; el problema es el aprovechamiento del subproducto obtenido, el cual no genera mayor ingreso a la industria; esto se debe a que la harina solo puede ser vendida para concentrado animal por sus características organolépticas.

1.3.1. Definición

Debido al manejo de grandes cantidades de semilla de palma africana se obtienen elevadas sumas de harina de palmiste, uno de los inconvenientes del empleo de la harina de palmiste para generar productos para consumo humano es su alto nivel de fibra, lo cual impide que el ser humano pueda digerir los altos niveles de proteína que posee.

1.3.2. Delimitación

Esta investigación va dirigida a una entidad privada, la cual obtiene aceite a partir de la semilla de palma africana, obteniendo como subproducto harina de palmiste; esta empresa ha mostrado interés en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, así como el deseo de convertir su subproducto en un producto nuevo que beneficie al país, con el fin de mejorar el desarrollo de la niñez.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Harina de palmiste

La harina de palmiste es el residuo sólido generado de la extracción de aceite de la semilla de la palma africana; la palma africana *Elaeis guineensis* es una especie que ha sido considerada como una de las fuentes principales de aceite vegetal; esto se debe a que posee una productividad elevada, con rendimientos aproximados de 3,5 a 4 toneladas de aceite por hectárea por año.

Al realizar una comparación se observó que la palma africana produce de 4 a 6 veces más aceite anualmente que otras especies como el maní, soya, ajonjolí, girasol y mucho más que otras especies oleaginosas; el cultivo de la palma posee mucha importancia en América tropical, su introducción se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de su dieta alimentaria de los esclavos.

2.1.1. Aspectos generales

Dentro de los subproductos generados por la palma africana se encuentran: la harina y la torta de palmiste; estos subproductos aportan una buena cantidad de fibra, proteína y energía. La diferencia existente entre la harina y la torta de palmiste radica en el procedimiento de extracción del aceite: la torta se obtiene por la presión mecánica de las semillas, una vez ha sucedido la primera trituración de la almendra con solventes químicos; mientras que la harina de palmiste, se deriva de la desolventización.

La composición química y la digestibilidad de la torta de palmiste varían con el contenido de tegumentos de la semilla, así como en relación con el contenido en aceite residual; la harina de palmiste es 20 % más digestible por su bajo contenido de tegumentos residuales.

2.2. Morfología de la palma africana

La palma africana de aceite forma parte de la familia de las palmáceas, la clasificación de la palma de aceite en variedades se basa principalmente en la forma, color y composición del fruto, y en la forma de la hoja.

2.2.1. Racimos y frutos

El racimo puede poseer diferentes formas, por lo general es ovoide y posee un tamaño promedio de 35 cm de ancho y 50 cm de largo, el número de frutos de cada racimo varia con la edad y con el material genético. El racimo está compuesto de un raquis central, espiguillas, frutas normales y frutas sin aceite. El fruto es una drupa sésil, ovoide, que presenta color oscuro o negro cuando está inmaduro o posee el color dominante rojo en su madurez.

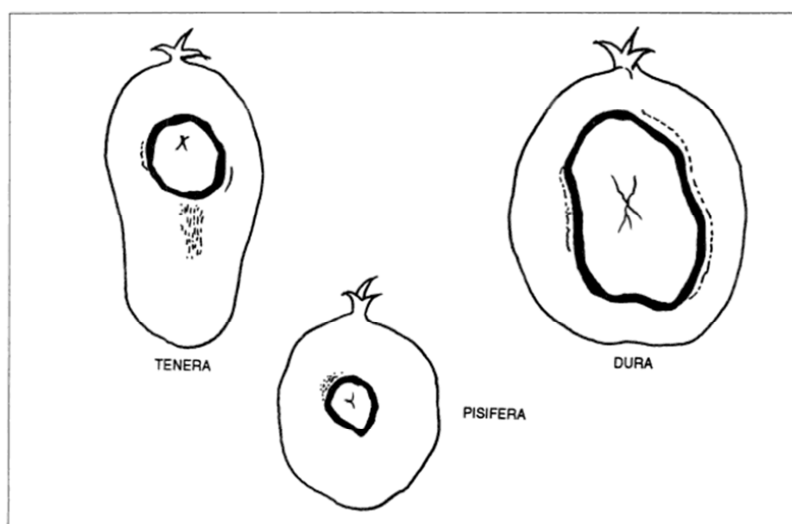
Un corte longitudinal del fruto presenta, de afuera hacia adentro, las siguientes partes:

- Exocarpio: capa epidérmica delgada y cerosa.
- Mesocarpio: capa gruesa, de color amarillo o anaranjado, con alto contenido de aceites.
- Endocarpio: cáscara dura, oscura, casi negra.
- Endospermo y epispermo: es a lo que se le llama albumen o almendra.

El endocarpio, junto con la semilla, se conoce como la nuez y su desarrollo determina el tamaño del fruto. En los tipos “dura”, el endocarpio está muy desarrollado, en la “pisífera” existe todo un rango de variabilidad de grosos y en el tipo “tenera” produce un fruto de endocarpio relativamente grueso y con una porción de mesocarpio alta.

Las características del fruto son las de mayor importancia económica, los componentes relacionados con la producción anual de racimos son el peso promedio y el número de racimos; estos componentes asociados con el porcentaje de extracción de aceite constituyen el rendimiento total por hectárea.

Figura 1. **Diferentes tipos de fruto**



Fuente: ROTHSCHUT, Julio. *Guía de cultivo de palma africana*. p. 13.

Figura 2. Fruto de palma africana



Fuente: Infoagro Systems. *Cultivo de palma africana*. <http://www.infoagro.com>. Consulta: 12 de noviembre de 2012.

2.2.2. Características

La semilla de palmiste está protegida por una envoltura leñosa muy dura, similar al hueso de la aceituna, que es necesario romper para extraer el aceite. El contenido de esta envoltura en la harina hace que esta aumente su contenido en fibra y disminuir considerablemente su valor energético. Por tanto, cuando sea posible se deberán elegir harinas con un contenido en fibra lo más bajo posible.

El aceite de palmiste se caracteriza por ser bastante saturado y rico en ácidos grasos de cadena media. El contenido en proteína bruta es superior al de los granos de cereales, por lo cual genera el interés en emplearlo como

suplemento alimenticio, el problema que genera la harina de palmiste para la implementación en dichas investigación radica en el color oscuro que posee.

La harina de palmiste en la actualidad es empleada únicamente en la dieta de animales, estudios realizados han determinado que la digestibilidad de la proteína en rumiantes es aceptable y la degradabilidad es relativamente baja, de la misma manera se determinó que la digestibilidad de la proteína en monogástricos es bastante reducida en un rango aproximado de 50-65 %, como consecuencia de su elevado nivel de fibra.

2.2.3. Valor nutricional

Respecto de la harina de palmiste los riesgos por malas prácticas de fabricación o contaminación, la contaminación se puede dar por un incorrecto almacenamiento, especialmente por presencia de micotoxinas; un indicador de un incorrecto almacenamiento o problemas de conservación es la concentración de hongos superior a 100 000 esporas por g.

El contenido en calcio y fósforo de la harina de palmiste es similar al de otras harinas de oleaginosas, el contenido en hierro es alto, y es especialmente destacable su alto contenido en manganeso.

Tabla I. **Composición nutricional de torta de palmiste**

No.	Torta de palmiste	
1.	Grasas	9 + 1.5 %
2.	Humedad	5 + 2 %
3.	Proteínas	13.5 + 1 %
4.	Cenizas	3.5 + 1 %

Continuación de la tabla I.

5.	Fibra cruda	25 + 5 %
6.	Energía	3.59 Kcal/1000
7.	Carbohidratos	47 + 2 %

Fuente: Grupo Propalma. *Harina de palmiste, una excelente opción para la dieta ganadera.*
www.fec-chiapas.org.mx. Consulta: 25 de noviembre de 2012.

Tabla II. **Composición nutricional de harina de palmiste**

No.	Harina de palmiste	
1.	Grasas	12 % min
2.	Humedad y materia volátil	10 % max
3.	Proteínas	14-16 %
4.	Fibras	19-18 %

Fuente: Grupo Propalma. *Harina de palmiste, una excelente opción para la dieta ganadera.*
www.fec-chiapas.org.mx. Consulta: 25 de noviembre de 2012.

2.2.4. Proceso de obtención

Para lograr el conocimiento completo del proceso de obtención de la harina, se muestra en carácter general el proceso de obtención del aceite; esto se debe a que al final del proceso de obtención del aceite se obtiene la harina de palmiste, por lo cual se dice que estos se desarrollan de forma paralela.

- **Pesado de materia prima:** este consiste en pesar el camión cargado con la materia prima en una báscula, posteriormente descargarlo y realizar el

peso del camión nuevamente, por lo tanto el peso de materia prima se obtiene por medio de diferencia de peso.

- Almacenamiento de materia prima: la descarga de la almendra de palmiste se puede realizar de dos formas: manual y neumáticamente. La descarga por el sistema neumático tiene la ventaja que la almendra pasa por una limpiadora de impurezas que a la vez separa la almendra quebrada de la entera. Esta separación se hace para evitar que la mayor parte de almendra quebrada entre a los silos de almacenamiento; esto es indispensable debido a que la almendra quebrada, al estar expuesta al ambiente, se oxigena y oxida fácilmente, por lo cual incrementa el porcentaje de acidez. El tipo de silo utilizado para el almacenamiento de semilla puede ser de diferentes tipos:
 - De celdas verticales (metálicas o de hormigón): con carga por la parte superior y con fondo plano o cónico. En los silos de fondo plano la extracción se realiza por medio de extractor tipo tornillo sin fin.
 - Silo-almacén: son grandes naves provistas de adecuadas instalaciones para carga y descarga mecanizadas.
 - Silos especiales: como pueden ser los utilizados para semillas de difícil extracción, que son silos verticales de fondo cónico provistos de tornillos rascadores o extractores que hacen caer el producto hacia la boca del cono.
 - Preparación y pretratamiento de las semillas: en este apartado se incluyen todas las operaciones necesarias para poner a la semilla

en las mejores condiciones para la extracción del aceite. El pretratamiento de las semillas oleaginosas que deben ser sometidas al proceso de extracción de aceite, el cual es un factor esencial para obtener un alto rendimiento en aceite, sin dañar las características fisicoquímicas y organolépticas del mismo. El pretratamiento de las semillas se compone de dos operaciones fundamentales:

- Trituración
- Calentamiento acondicionamiento

La operación de quebrado o trituración y las condiciones que se perciben son: obtener fragmentos de almendra que faciliten la mayor extracción de aceite, quebrar la almendra entera en seis a ocho partes, tener el cuidado de no producir partes demasiadas finas, ya que estas afectarían su posterior extracción.

El acto de triturado o molienda se hace mediante cilindros que giran el uno hacia el otro, constituidos de dos en dos para formar pares. Cada par funciona independiente del otro. En cada par, uno de los cilindros es ajustable, lo cual permite acercarlos o alejarlos el uno del otro para graduar el tamaño de las partículas del producto que se obtiene.

Cuando el producto entra al molino de cilindros, va a una cámara de alimentación o de distribución que está por encima de los cilindros y se mantiene allí hasta que el mecanismo alimentador lo deje caer sobre la superficie de trabajo de los cilindros. Este sistema de alimentación está constituido de un rodillo de pequeño diámetro y una compuerta ajustable.

Aquí se inicia el acondicionamiento de la almendra para facilitar la operación de roller hidráulico; dado que la humedad de la almendra almacenada suele ser baja, se utiliza un acondicionador en el cual se le agrega agua para elevar el porcentaje de humedad de la almendra.

- Proceso en roller laminador: esta operación es importante para lograr un buen cocinado, aquí la almendra se transforma en pequeñas hojuelas y hace mayor la superficie expuesta a las condiciones del cocinado. Para hacer una buena hojuela es indispensable que la almendra esté húmeda.
- Proceso de cocinado: esta operación consiste en destruir las pequeñas celdas de la almendra de palmiste, dentro de las cuales se encuentran las moléculas de aceite y esto se logra romper mediante calor y humedad. La humedad de cocinado debe estar entre 12 y 13 % con una temperatura de 190 a 200 °F. Es importante que la almendra haya pasado por el proceso en roller laminador, para lograr la penetración de calor y humedad.
- Proceso de secado: una vez se ha cocinado la almendra, el exceso de humedad es innecesario, lo cual se elimina mediante el secado. La humedad de la almendra al salir del secador debe ser de 7 a 8.5 %.
- Rollers mecánicos verticales: después de pasar los secadores se vuelve a hojuelear para que el hexano pueda penetrar las partículas de la almendra que contienen el aceite y así facilitar la extracción del mismo.
- Extracción de aceite por solvente: la extracción del aceite de palmiste es función de tres factores muy importantes que son: humedad, temperatura y hojueado.

- Humedad de 7 a 8.5 % al entrar al extractor
- Temperatura de 70 a 85° al entrar al extractor
- El hexano debe ser 100 % puro y de grado alimenticio

Este material es rociado uniformemente por los distribuidores de micela (aceite + hexano). Después de la percolación a través de la capa, la micela enriquecida se recoge en tolvas bajo la banda y es enviada bien sea al rociador sobre la tolva o al de la siguiente de manera regulada. Entre sección y sección hay un rastrillo articulado que rasca la capa superior del material, lo cual mejorará la percolación e impedirá la circulación superficial del solvente.

Contiene otros sistemas de lavado y limpieza de la banda, variador de velocidad de la misma, evacuación de la torta y evacuación de la micela; el extractor cuenta con 10 etapas o bombas rociadoras que tienen una capacidad de 30 m³/h de micela. Para la extracción de aceite de palmiste se utilizan de siete a ocho etapas; si el acondicionamiento es bueno, esta operación garantiza un aceite residual en la harina de 1.0 a 2.5 %.

Respecto de la destilación de micela, el sistema utiliza un sistema de vacío y bajas temperaturas de operación en todas las etapas de destilación, con el fin de tener un aceite crudo de calidad.

Desde el tanque de micela y regulando su concentración, se operan sobre la micela varias etapas de condensación y calentamiento; se utiliza como energía en el primer evaporador o economizador, donde se inicia la destilación principal, únicamente del calor de los gases que salen del desolventizador de harinas por medio de un ducto superior.

El sistema tiene tres toberas para crear vacío que dependen de las etapas del proceso de recuperación de hexano. Vacío 1, que debe estar arriba de los 400 mm Hg. vacío 2; este debe estar a 500 mm Hg; el vacío 3 debe estar a 600 mm Hg., el cual es fundamental para la eliminación de los residuos de hexano. Los tres niveles de vacío deben respetarse para que haya una buena destilación y succión de los gases de hexano y su posterior condensación; si los niveles de estos vacíos son bajos, el aceite obtenido puede contener residuos de hexano. Al aceite que sale del equipo de destilación final (separación hexano-aceite) se le hace la prueba del *flash point* para detectar si lleva residuos de hexano.

Si el laboratorio detecta hexano, este aceite se bombea al tanque de reproceso; si se determina que el aceite no contiene hexano, se bombea a tanques de aceite extraído; al llenarse uno de estos tanques se bombea para que el aceite crudo sea filtrado en un filtro prensa, el aceite ya filtrado se bombea a los tanques de almacenamiento en donde se realizan los siguientes análisis de control:

- Temperatura, °C
- *Flash point*, °C
- Acidez, porcentaje (ácidos grasos libres)
- Color Lovibond.
- Humedad, porcentaje.

Desolventizador tostador: la torta extractada retiene disolvente, el cual tiene que ser evaporado y para ello se transporta al desolventizador; este aparato cuenta con cinco pisos cilíndricos verticales, de tal manera que los tres primeros son de desolventizado y los otros dos de secado. A los tres primeros pisos se les inyecta vapor vivo, a través de ciertos dispositivos.

Los gases de este equipo, que salen hacia arriba en contracorriente con la harina, pasan por el ducto principal superior. Los fondos de cada piso se calientan con vapor para desolventizar la harina de palmiste.

2.3. Alimentos nutritivos

Los alimentos están constituidos por una gran diversidad de sustancias de distinta naturaleza que pueden agruparse en las siguientes categorías:

Compuestos nutritivos son sustancias que pueden ser utilizadas por el organismo en su metabolismo y que desempeñan funciones bien establecidas. La calidad nutritiva propiamente dicha de un alimento está determinada tanto por la cantidad como por la calidad de los nutrientes que contiene.

Estos dos aspectos permiten diferenciar entre dos conceptos: el de calidad nutritiva teórica, es decir su aporte en nutrientes (composición química) y el de calidad nutritiva real, que hace referencia a la proporción de los nutrientes que pueden ser aprovechados por el organismo, tanto a nivel digestivo como metabólico.

Los nutrimentos son las sustancias químicas y los compuestos moleculares, orgánicos e inorgánicos. Entre los orgánicos, se incluyen los carbohidratos, grasas, proteínas y vitaminas. Los comúnmente llamados minerales constituyen los nutrimentos inorgánicos.

2.3.1. Conceptos básicos

Los nutrientes son sustancias presentes en los alimentos que proporcionan la energía necesaria para realizar las actividades diarias; ayudan

al cuerpo a crecer y a mantenerse sano y también sirven para fortalecer las defensas contra las enfermedades. Por lo tanto, el régimen alimentario debe ser adecuado en cuanto a la calidad y cantidad de los alimentos.

Los nutrientes tienen las siguientes funciones principales:

- **Energéticos:** hidratos de carbono (almidones). Se incluyen el azúcar, dulces, pastas y harinas. Los aceites y las grasas animales o vegetales con nutrientes energéticos.
- **Constructores:** proteínas vegetales o animales. Generalmente al escuchar “proteína” se piensa en carne, pero las proteínas vegetales merecen un comentario especial por el alto valor biológico. Tal es el caso de la proteína vegetal aportada por la harina de palmiste, que será utilizada en el desarrollo de un alimento nutritivo.
- **Reguladores:** minerales y vitaminas.

2.4. Formulación de un producto nuevo

El producto es casi siempre la combinación de lo tangible y lo intangible que puede ofrecerse a la atención de un mercado para su adquisición, uso o consumo y que satisfaga un deseo o una necesidad. Las decisiones sobre el producto o productos, giran alrededor de aquellos bienes y servicios que una empresa debe ofrecer para la venta y de las características que estos deben tener.

Para el comprador potencial, el producto es una agrupación compleja de satisfacciones. Los clientes le asignan valor a un producto en proporción con lo que reciben, como capacidad de ese producto para satisfacer sus necesidades.

2.4.1. Niveles de los productos

- **Producto esencial:** son los servicios o beneficios intrínsecos para la solución de problemas que los consumidores compran en realidad al adquirir un producto en particular. Cuando se diseña un producto se debe empezar por definir el núcleo de los beneficios que el producto ha de proporcionar a los consumidores.
- **Producto real:** este es un nivel más amplio del producto. Estos productos pueden tener hasta cinco características: nivel de calidad, peculiaridades, estilo, nombre de marca y empaque.
- **Producto aumentado:** en torno al número y al producto real ofreciendo servicios y beneficios adicionales al consumidor, para el consumidor todos los aumentos se convierten en una parte importante del producto total.

2.5. Evaluación sensorial

El término evaluación sensorial se define como la disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar las reacciones que provocan en los seres humanos los alimentos y muchos materiales al ser percibidos por los sentidos del gusto, tacto, vista, olfato y oído.

2.5.1. Definición

Los objetivos para realizar una evaluación sensorial pueden ser varios:

- Desarrollar un nuevo producto: algunos productos nuevos son únicos, pero la mayoría son imitaciones o variaciones de algún producto estándar establecido. En cualquier caso, quien desarrolla el producto necesita determinar la calidad sensorial y aceptabilidad relativa de la muestra experimental.
- Cambio y desarrollo de los procesos de producción.
- Reducción de costos y selección de nuevos proveedores y/o materia primas.
- Control de calidad.
- Estabilidad en almacenaje.
- Aceptabilidad y opinión de los consumidores.
- Preferencia del consumidor.
- Selección de un panel (analítico) entrenado.
- Dejamiento de productos.

Para obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, todas las pruebas deben realizarse bajo condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados.

2.5.2. Clasificación de las evaluaciones

Los expertos en estadística las clasifican en pruebas paramétricas y no paramétricas, de acuerdo con el tipo de datos obtenidos con las pruebas. Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentación clasifican las pruebas en afectividad (orientadas al consumidor) y analíticas (orientadas al

producto). Las pruebas para evaluar la presencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios se conoce como “pruebas orientadas al consumidor”.

2.5.3. Escala hedónica

La escala hedónica, también conocida como pruebas de aceptación, se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado y aunque su realización pueda parecer rutinaria, el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos.

Suelen responder a requerimientos de mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo: se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo en un grupo de población o si es competitivo con otros ya existentes.

2.5.4. Prueba hedónica

La evaluación hedónica se logra analizando los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos de 1 al 9, donde 1 representa “disgusta muchísimo” y 9 representa “gusta muchísimo”.

Los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. En la prueba hedónica de 9 puntos, los panelistas marcan una categoría en la escala que va desde:

- Me gusta muchísimo = 9

- Me gusta mucho = 8
- Me gusta moderadamente = 7
- Me gusta un poco = 6
- Me es indiferente = 5
- Me disgusta un poco = 4
- Me disgusta moderadamente = 3
- Me disgusta mucho = 2
- Me disgusta muchísimo = 1

2.6. Análisis proximal

El análisis proximal, llamado también análisis de parámetros nutricionales, para alimentos humanos y animales, comprende la determinación de la materia seca, el extracto etéreo, las cenizas, la fibra cruda, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno.

En general, se estudia que el producto terminado (galletas, aceites, mermeladas, conservas, salsas, entre otros) contenga solamente sustancias permitidas por la normativa y en las concentraciones adecuadas para su consumo.

2.6.1. Componentes nutricionales

Los alimentos son constituidos por propiedades nutritivas particulares incluyendo su valor energético, contenido de proteínas, grasas y carbohidratos; los cuales cumplen diferentes funciones en el organismo, para que dichas funciones se mantengan en equilibrio, la cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos debe ser adecuada.

**2.6.1.1. Cenizas en harinas, método directo
AOAC 923.03**

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas, normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación.

**2.6.1.2. Proteínas: método Kjeldahl: método
AOAC 954.01**

Las proteínas son, junto con los hidratos de carbono y las grasas, los macronutrientes del organismo. Son macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Muchas de ellas contienen también azufre y fósforo. Están formadas por aminoácidos que se unen mediante los enlaces peptídicos. Las proteínas constituyen aproximadamente el 50 % del peso seco de los tejidos y prácticamente intervienen en todos los procesos biológicos del organismo.

Los prótidos o proteínas son biopolímeros; están formados por un gran número de unidades estructurales simples repetitivas (monómeros). Debido a su gran tamaño, cuando estas moléculas se dispersan en un disolvente

adecuado, forman siempre dispersiones coloidales, con características que las diferencian de las disoluciones de moléculas más pequeñas.

2.6.1.3. Fibra cruda

Es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas. La fibra cruda consiste, principalmente, del contenido en celulosa, además de la lignina y hemicelulosas contenidas en la muestra. Las cantidades de estas sustancias en la fibra cruda pueden variar con las condiciones que se emplean, por lo que para obtener resultados consistentes deben seguirse procedimientos estandarizados con rigidez.

2.6.1.4. Grasa cruda: método AOAC 920.39

La extracción por medio de solventes orgánicos, permite la separación cuantitativa de un componente o grupo de componentes (por ejemplo, grasas) de una mezcla de sólidos. En este caso, la grasa equivale al peso del residuo que se obtiene luego de exponer una muestra previamente deshidratada (materia seca), a reflujo con un solvente orgánico no polar por un período de tiempo determinado. Este procedimiento extrae, además de las grasas o aceites presentes, todos los compuestos orgánicos solubles en el solvente utilizado.

El equipo VELP Ser 148, basado en los principios de la técnica Soxhlet, está diseñado para aumentar la eficacia del método y subsanar su déficit; permite seleccionar el programa adecuado al solvente utilizado y procura un ahorro considerable en solvente reduciendo el costo por análisis.

2.7. Diseño de proceso

Un proceso no es más que la sucesión de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea. También definido como "el conjunto de actividades secuenciales que realizan una transformación de una serie de *inputs* (material, mano de obra, capital, información, entre otros) en los *outputs* deseados (bienes, productos y servicios) añadiendo valor".

La maquinaria y equipo que a continuación se detallan describen el proceso de elaboración general de la galleta, en el cual se utilizan los siguientes equipos: mezcladora, amasadora, compresora, cortadora, secador y envasadora.

2.7.1. Recepción de la materia prima

La materia prima se recibe directamente en la zona de carga y descarga; al recibirla es necesario contar con una bodega libre de humedad y de temperaturas altas, así se evitará, el deterioro de la harina de palmiste; estos factores son críticos para el mantenimiento de la materia prima debido a que es un material orgánico susceptible a fermentación y contaminación. Además se requiere de montacargas para recibir las harinas, miel, azúcar, manteca y aditivos, los cuales los trasladarán directamente al área de almacenamiento.

2.7.2. Preparación de harina

El transporte, tratamiento y almacenamiento inadecuado de la harina de trigo y de palmiste, puede causar daños y perjudicar la calidad del producto. Por lo cual requiere de un proceso previo para separar, analizar y eliminar contaminantes y así garantizar que los productos cumplen con los estándares.

2.7.2.1. Análisis de laboratorio

El control de calidad asegura que solo aquellos ingredientes que cumplen con las especificaciones adecuadas sean aceptados para usarlos en la manufactura de alimentos. El análisis bromatológico incluye: humedad, cenizas, proteínas, extracto etéreo, fibra y calidad sensorial. En el análisis microbiológico se determina presencia de hongos, levaduras y enterococos totales y fecales, coliformes totales, salmonella, *Scherichia coli*, stafilococos, streptococos, anaerobios totales y sulfito.

2.7.2.2. Molino de discos

Se les conoce también como pulverizadores. El sólido avanza en un ducto por acción de un tornillo sin fin o su equivalente, y llega a un punto donde se proyecta radialmente hacia afuera, entre dos discos, las cuales tienen una convergencia radial, o sea, están más separadas entre sí en el centro de rotación, que en la periferia de los discos. Estos discos pueden ser uno fijo y el otro móvil o bien los dos móviles, en rotación opuesta. Reciben generalmente partículas de 1 cm o menos y pueden producir hasta polvos de 200 *mesh*.

2.7.2.3. Tamizado: vibratorio

Es la operación de separación de una masa de partículas en 2 o más fracciones, tal que cada una sea más uniforme en tamaño que la masa original. Consiste en realizar una separación de tamaño o forma de uno o más sólidos; existen tamices planos, fijos o vibrantes con grandes cedazos cilíndricos, que estando inclinados rotan; para que se lleve a cabo, debe existir una vibración que permita que el material más fino traspase el tamiz.

2.7.3. Almacenamiento de la materia prima: silos

Siendo la harina de palmiste un subproducto de rápida descomposición y perecedero, debe ser almacenado a temperaturas de refrigeración para minimizar su deterioro. Los cereales son almacenados en silos por períodos de hasta 6 – 8 meses; al igual que la harina de palmiste, la harina de trigo se almacena hasta por 2 meses.

2.7.4. Proceso de producción

Engloba paso a paso cada una de las operaciones de modificación o transformación de la harina y demás ingredientes para lograr el objetivo final; la creación de una barra con alto porcentaje nutricional.

2.7.4.1. Pesado

Aquí se inicia propiamente el proceso productivo, ya que este pesado se refiere a la cantidad que se procesará en un lote de producción. El pesaje de las materias primas se realiza con las balanzas electrónicas o mecánicas.

2.7.4.2. Dosificación

Consiste en adicionar la materia prima necesaria según la formulación, se realiza por medio de tolvas dosificadoras, las cuales cuentan con sensores. Las tolvas tienen un tornillo sinfín de 2 velocidades (alta y baja); además, se utilizan tolvas de alivio y básculas. Todas las órdenes de dosificación son sistematizadas con programas lineales de control; en caso de que este sistema falle se tienen sistemas mecánicos para realizar el procedimiento.

2.7.4.3. Mezclado: mezcladora horizontal

El objeto de mezclado es lograr una distribución uniforme de 2 o más componentes en una masa, mediante un flujo generado por procedimientos manuales o mecánicos. De esta manera se busca lograr una pasta homogénea.

2.7.4.4. Amasado: amasadora

Las amasadoras cuentan con un sistema que permite un movimiento envolvente de la masa sobre sí misma; disponen de una artesa de acero inoxidable y un sistema de brazos que se mueve en la masa. Entre los más habituales se encuentran: la amasadora con eje espiral y cortante, la de brazos y la de horquilla; al finalizar el mezclado se vierte el preparado en un contenedor.

2.7.4.5. Transportadores de banda

La masa se extiende a lo largo de una barra transportadora y es estirada a lo largo de toda la barra hasta alcanzar el grosor deseado; los transportadores de banda consisten en una cinta que corre sobre rodillos móviles tensada, y que cuenta con un alimentador y un descargador. La cinta se hace de lona, rayón, nylon, hule y puede ir reforzada con tensores de acero.

2.7.4.6. Moldes

Se utilizan moldes para dar la forma. Los moldes pueden ser de diversos materiales, figurando entre los más habituales el acero inoxidable y el aluminio. La masa previamente estirada se cortará con moldes circulares a lo largo de

la banda, transportando estos hacia bandejas que serán introducidas al horno; esto se podrá realizar tanto de forma manual como automática.

2.7.4.7. Secado u horneado

En el proceso de horneado se producen diversos efectos sobre las masas. Se aumenta la digestibilidad de los ingredientes, se modifican los caracteres organolépticos y se incrementa su estabilidad y durabilidad al eliminarse los microorganismos. Debido a que se desea una galleta sólida no se realiza el proceso de fermentación.

En esta etapa de tratamiento térmico a la lámina que contiene las galletas previamente cortadas, se utilizan temperaturas generalmente superiores a 200 °C durante periodos de 15 a 20 minutos; estas temperaturas son suficientes para la inactivación de las formas vegetativas de la mayoría de los microorganismos.

Se usa un horno de calentamiento indirecto, de modo que la combustión desde el sistema quemador no entra en contacto con el producto, por lo que no existe convección en el horno. En estos hornos, el aire calentado procedente del quemador se hace circular a través de los conductos por encima y por debajo de la banda del horno, de modo que los conductos radian energía.

El horno usado para la fabricación de galletas es el horno de bandejas, que es un tipo modular, con una o varias alturas. Permite un extraordinario control de las condiciones de horneado al poderse fijar de manera independiente la temperatura del techo y del suelo de cada módulo. Son hornos elaborados con materiales refractarios forrados tanto en su interior como en su exterior con acero. Disponen de puertas abatibles.

2.7.4.8. Refrigeración

Para el proceso de producción de alimentos que poseen tratamiento térmico es necesario someter el producto al proceso de enfriado previo al envasado; para la producción de galletas no es necesario realizar controles de temperatura, esto se debe a que el tamaño y grosor de las galletas permiten que al salir del horno alcancen una temperatura apta para su envasado.

La línea de galletas es envasada cuando la temperatura en el centro de la pieza es de 30 °C o inferior.

2.7.4.9. Envasado o empaquetado

Las máquinas empaquetadoras consisten en una cinta que posiciona y transporta los productos hasta un embudo formado por lámina de plástico, la cual sufre un termosellado longitudinal, la cual procede al sellado transversal y corte. Las galletas se empacarán de forma individual y se embalarán en cajas de cartón de 10 unidades.

3. METODOLOGÍA

3.1. Variables

Las principales variables determinadas son constantes, no constantes, de entra y salida en el proceso de ejecución experimental.

3.1.1. Determinación de humedad

Según método general de sólidos totales y humedad en harinas, se utiliza el método de estufa de aire (publicado por la AOAC 2000).

Tabla III. **Variables independientes y dependientes en la determinación de humedad**

Variable	Símbolo	Dimensional	Tipo de variable	
			Dependiente	Independiente
Porcentaje de humedad	%	Adimensional	x	
Peso inicial de la muestra	W	g		x
Peso de la muestra seca	W	g		x
Tiempo	T	s		x
Temperatura	T	K		x

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Determinación de cenizas

Según método general de determinación de cenizas (publicado por la AOAC 2000), esta se realiza en seco según el procedimiento.

Tabla IV. **Variables independientes y dependientes en la determinación de cenizas**

Variable	Símbolo	Dimensional	Tipo de variable	
			Dependiente	Independiente
Porcentaje de cenizas	%	Adimensional	x	
Peso inicial de la muestra	W	G		x
Peso final de la muestra	W	G	x	
Peso del crisol	W	G		x
Tiempo	t	S		x
Temperatura	T	K		x

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Determinación de proteína

Para la determinación de proteínas se utilizará el método Kjeldahl publicado por AOAC 2000.

Tabla V. **Variables independientes y dependientes en la determinación de proteínas**

Variable	Símbolo	Dimensional	Tipo de variable	
			Dependiente	Independiente
Porcentaje de proteína	%	Adimensional	x	
Peso inicial de la muestra	W	g		x
Volumen de titulante	V	mL		x

Fuente: elaboración propia

3.1.4. Determinación de grasas

Para la determinación de grasas se utilizará el método semicontinuo de extracción con solvente: método Soxhlet (publicado por AOAC).

Tabla VI. **Variables independientes y dependientes en la determinación de grasas**

Variable	Símbolo	Dimensional	Tipo de variable	
			Dependiente	Independiente
Porcentaje de grasa	%	Adimensional	x	
Peso del contenido de grasa en la muestra	w	W		x
Tiempo	t	s		x

Continuación de la tabla VI.

Peso de la muestra seca	w	W		x
Volumen	V	mL		x
Presión	P	Pa		x
Temperatura	T	K		x

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Determinación de fibra

El contenido de fibra se realizará siguiendo la metodología del AOAC (2000) 985.29.

Tabla VII. **Variables independientes y dependientes en la determinación de fibra**

Variable	Símbolo	Dimensional	Tipo de variable	
			Dependiente	Independiente
Porcentaje de fibra	%	Adimensional	x	
Peso inicial de la muestra	W	G		x
Peso de final de la muestra	W	G		x
Tiempo	t	S		x
Temperatura	T	K		x

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

El desarrollo de cinco diferentes formulaciones (100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 75:25), empleando como ingrediente principal la harina de palmiste se realizará bajo las siguientes condiciones.

- Área: alimentos
- Industria: alimentos
- Proceso: diseño del diagrama de flujo del proceso de producción de la galleta nutricional a partir de una mezcla de harina de trigo y palmiste.
- Unidad de estudio: evaluación nutricional de la harina formulada con ingrediente base de harina de palmiste.
- Ubicación: el desarrollo de este proyecto se llevará a cabo en el Laboratorio del departamento de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Clima: el clima en el que se puede desarrollar la palma africana (*Elaeis guineensis*) que posean un rango de temperatura de 22 °C a 23 °C.

3.3. Recursos humanos disponibles

Tesista: Paula Alejandra Pisquiy Pellecer
Estudiante de Ingeniería Química

Asesor: Hilda Piedad Palma de Martini

Ingeniera Química
Universidad de San Carlos de Guatemala
Colegiado No.453

Coasesor: Rolando Alexander Gómez Girón
Ingeniero Químico
Olmeca S. A.
Colegiado No. 1373

Otros: Personal de laboratorio
Laboratorio del departamento de alimentos
Universidad del Valle de Guatemala

3.4. Recursos materiales disponibles

Para el desarrollo y evaluación nutricional de la galleta nutricional se presentan los materiales a emplear a continuación.

3.4.1. Analítico

Se dispone del laboratorio del departamento de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala y laboratorio de microbiología de la entidad privada, interesada en el desarrollo del producto.

3.4.2. Maquinaria

Se dispone de una planta piloto de mezclado y cocinado en el laboratorio de la entidad privada.

3.4.3. Equipo de cómputo

El equipo de cómputo empleado para el desarrollo del proyecto es personal.

3.4.4. Información

Se obtendrá información de libros obtenidos en la biblioteca central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como de la Facultad de Ingeniería de la misma, se complementará con información de fuentes electrónicas vía internet.

3.4.5. Materia prima

La materia prima empleada será el subproducto generado por la extracción de aceite esencial de la semilla de palma africana (*Elaeis guineensis*).

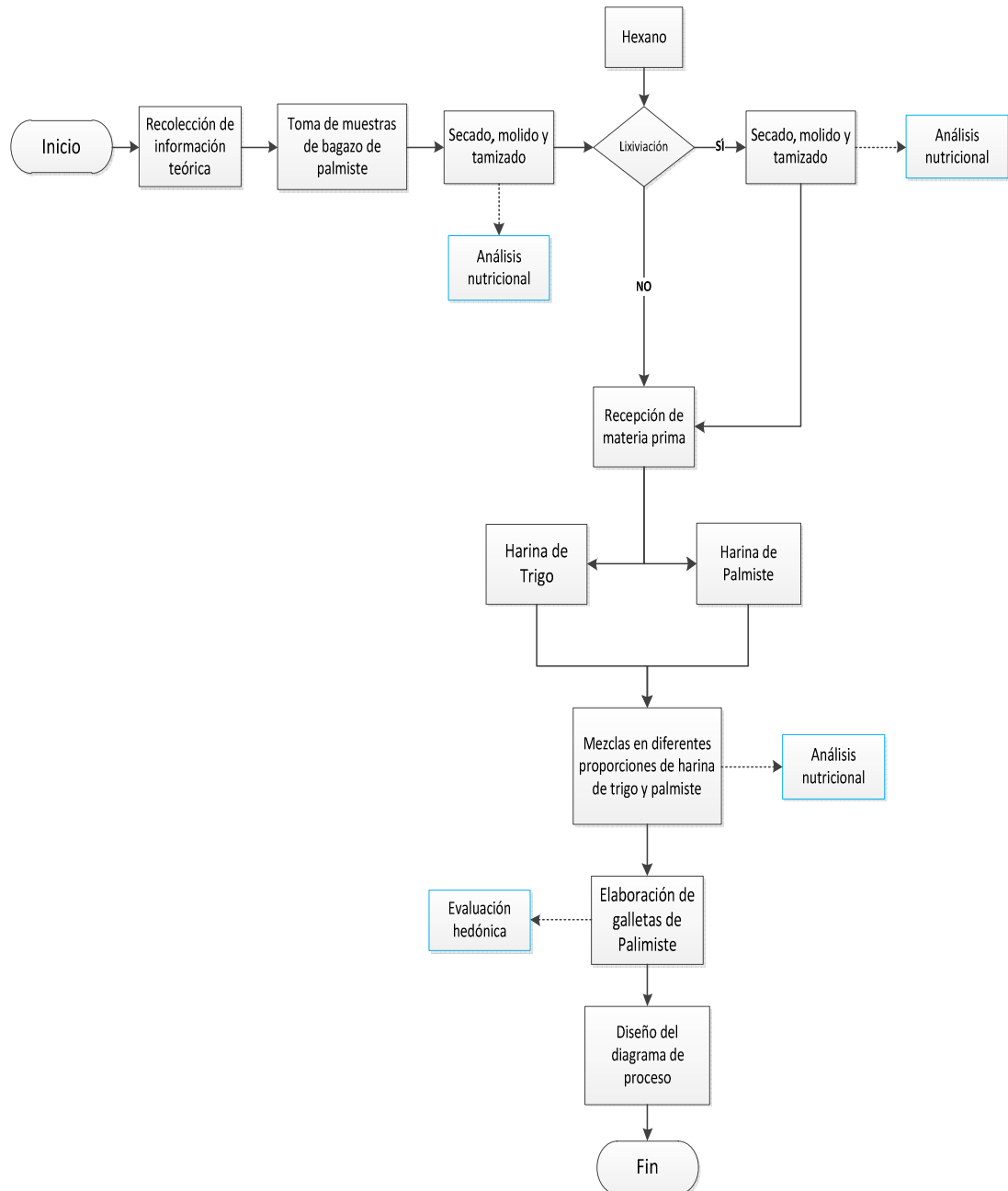
3.5. Técnica cuantitativa

La técnica utilizada para el desarrollo del proyecto es cuantitativa, principalmente; esto se debe a la naturaleza de la investigación. Se utilizarán los métodos publicados por la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists), esto se debe a que dicha asociación posee métodos estandarizados y confiables para la evaluación nutricional de alimentos. Se empleará la técnica cualitativa para la elaboración de la interpretación y conclusiones del proyecto.

3.5.1. Diseño general

El proceso de elaboración se realizó mezclando la harina enriquecida con otros aditivos para crear la consistencia necesaria para hacer una masa firme y manipulable. La receta consistió en mezclar la harina enriquecida con azúcar, sal, manteca vegetal y distintos sabores artificiales para luego hornearlo y así obtener una barra nutritiva y crujiente.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: elaboración propia.

3.5.1.1. Caracterización de la harina de palmiste

Es necesario determinar el contenido nutricional de la harina de palmiste mediante un análisis proximal del contenido de fibra, proteínas, cenizas y aminoácidos, para determinar la composición química de la harina obtenida por dos diferentes procesos.

3.5.1.2. Preparación de la mezcla enriquecida

La mezcla de harina de palmiste y harina de trigo se lleva a cabo seleccionando la mejor harina de palmiste; esta selección se realiza con base en los resultados de los análisis nutricionales previamente realizados.

Ya seleccionada la mejor opción se adicionan en diferentes proporciones los componentes de la mezcla, para luego determinar la mezcla que aporta un mayor contenido nutricional y que da la consistencia, textura, sabor y color necesario para las galletas nutricionales.

3.5.1.3. Análisis de las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y biológicas de las mezclas

Las mezclas realizadas en las diferentes proporciones de harina de palmiste, será analizada en el Centro de Estudios en Ciencias y Tecnología de los Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. Se determinará en la mezcla el contenido nutricional mediante un análisis proximal del contenido de fibra, proteínas, cenizas, aminoácidos y humedad.

3.5.1.4. Elaboración de galletas nutricionales

Para la elaboración de las barras energéticas se requiere la incorporación de otros aditivos alimenticios para obtener la consistencia necesaria, mejorar el sabor y apariencia de las mismas.

La receta consiste en una mezcla líquida compuesta de aceite vegetal, azúcar, agua y miel, y una mezcla sólida del palmiste y harina de trigo; para luego ser amasada, compresionada, secada y cortada del tamaño y forma deseada.

3.5.1.5. Evaluación hedónica

Las diferentes mezclas con las diferentes proporciones de harina de trigo y palmiste serán sometidas a una evaluación sensorial mediante una escala hedónica; una muestra significativa de personas será sometida a una encuesta para conocer su opinión respecto de las propiedades organolépticas y presentación de las barras energéticas.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Para la elaboración de las barras energéticas es necesario tener información sobre la materia prima a utilizar, las variaciones en su composición química, contenido nutricional y procesamiento, lo cual permite obtener una mezcla enriquecida con el mayor contenido nutricional y de mayor aceptación. Para ello se toma una muestra de palmiste en triplicado para el primer. Luego se secan en un secador de bandejas en un período de tiempo de 12 a 24 horas, la muestra seca y molida se utiliza para realizar el análisis proximal y determinar la composición química, microbiológica, física y biológica.

3.6.1. Métodos para determinación de análisis proximales

Los métodos que se utilizarán para el desarrollo de los análisis proximales se trabajarán según lo publicado por la AOAC. Siendo los análisis a realizar los siguientes: determinación de cenizas, grasas, proteínas, fibra y humedad.

3.6.2. Método para la prueba de aceptación general

El método es denominado “escala hedónica” de nueve puntos, utilizada para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Es el ordenamiento de los datos obtenidos en la ejecución experimental con el fin de procesarlos, cuantificarlos y agruparlos, con el fin de construir los resultados de los objetivos planteados y realizar el análisis del proyecto.

3.7.1. Tamizado de la harina de palmiste

La harina obtenida del proceso de extracción de aceite es tamizada con dos diferentes tipos de *mesh*, para obtener una harina más fina. La harina obtenida en cada tamiz, tanto el tamizado como el residuo, son evaluados nutricionalmente mediante análisis proximal. Obteniendo los resultados de los análisis, el tamizado que posee mayor valor nutricional es el empleado para realizar las diferentes formulaciones de la galleta nutricional.

3.7.2. Formulación

Se realizaron cinco diferentes formulaciones, y se adicionó la harina de palmiste evaluando hasta un 25 % de aceptación de harina para el consumo humano. La adición de palmiste en cada una de las formulaciones se llevará a cabo de la siguiente manera:

Tabla VIII. **Porcentaje de harina de palmiste en cada formulación**

Formulación	Harina de palmiste	Harina de trigo
1.	0 %	100 %
2.	5 %	95 %
3.	10 %	90 %
4.	15 %	85 %
5.	25 %	75 %

Fuente: elaboración propia.

La calidad de cada mezcla de harina se evaluará mediante análisis proximal. Para la formulación se emplearán otros componentes que permanecerán constantes como:

- Vainilla
- Miel
- Azúcar

3.7.3. Análisis proximal

Se realizará el procedimiento ubicado en el anexo núm. 3.

3.7.4. Evaluación de aceptabilidad con base en una escala hedónica

Se realizará una evaluación sensorial de aceptabilidad del producto por medio de un estudio de campo y será evaluada por la prueba de aceptabilidad general con una escala hedónica de nueve puntos.

Los puntajes numéricos de cada muestra se tabulan y analizan mediante una media aritmética y desviación estándar.

3.7.5. Muestreo

Cada análisis se realizó por triplicado.

3.7.6. Tablas de recolección de datos

Son utilizadas para la recopilación de la información en el laboratorio, estas permiten tener visibilidad de todas las variables requeridas para obtener los resultados esperados.

Tabla IX. Determinación de cenizas

Núm. muestra	Núm. de corrida	Peso original de la muestra [g]	Tara del crisol [g]	Peso después de la calcinación [g]	Sólidos [%]
1	1	X_1	W_1	Y_1	Z_1
	2	X_2	W_2	Y_2	Z_2
	3	X_3	W_3	Y_3	Z_3

Continuación de la tabla IX.

2	1	X_4	W_4	Y_4	Z_4
	2	X_5	W_5	Y_5	Z_5
	3	X_6	W_7	Y_6	Z_6
3	1	X_7	W_8	Y_7	Z_7
	2	X_8	W_9	Y_8	Z_8
	3	X_9	W_{10}	Y_9	Z_9
4	1	X_{10}	W_{11}	Y_{10}	Z_{10}
	2	X_{11}	W_{12}	Y_{11}	Z_{11}
	3	X_{12}	W_{13}	Y_{12}	Z_{12}
5	1	X_{13}	W_{14}	Y_{13}	Z_{13}
	2	X_{14}	W_{15}	Y_{14}	Z_{14}
	3	X_{15}	W_{16}	Y_{15}	Z_{15}

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Determinación de grasas**

Núm. muestra	Núm. de corrida	Peso de la muestra [g]	Peso de grasa en muestra seca [g]	Peso del recipiente [g]
1	1	X_1	W_1	Y_1
	2	X_2	W_2	Y_2
	3	X_3	W_3	Y_3
2	1	X_4	W_4	Y_4
	2	X_5	W_5	Y_5
	3	X_6	W_7	Y_6

Continuación de la tabla X.

3	1	X_7	W_8	Y_7
	2	X_8	W_9	Y_8
	3	X_9	W_{10}	Y_9
4	1	X_{10}	W_{11}	Y_{10}
	2	X_{11}	W_{12}	Y_{11}
	3	X_{12}	W_{13}	Y_{12}
5	1	X_{13}	W_{14}	Y_{13}
	2	X_{14}	W_{15}	Y_{14}
	3	X_{15}	W_{16}	Y_{15}

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Determinación de proteína**

Núm. muestra	Núm. de corrida	Peso original de la muestra [g]	Volumen de la muestra [mL]	Volumen de ácido std. [mL]	Volumen de ácido std. corrida en blanco [mL]
1	1	X_1	W_1	Y_1	Z_1
	2	X_2	W_2	Y_2	Z_2
	3	X_3	W_3	Y_3	Z_3
2	1	X_4	W_4	Y_4	Z_4
	2	X_5	W_5	Y_5	Z_5
	3	X_6	W_7	Y_6	Z_6

Continuación de la tabla XI.

3	1	X_7	W_8	Y_7	Z_7
	2	X_8	W_9	Y_8	Z_8
	3	X_9	W_{10}	Y_9	Z_9
4	1	X_{10}	W_{11}	Y_{10}	Z_{10}
	2	X_{11}	W_{12}	Y_{11}	Z_{11}
	3	X_{12}	W_{13}	Y_{12}	Z_{12}
5	1	X_{13}	W_{14}	Y_{13}	Z_{13}
	2	X_{14}	W_{15}	Y_{14}	Z_{14}
	3	X_{15}	W_{16}	Y_{15}	Z_{15}

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos para la harina trigo y palmiste, se llevó a cabo por medio de un análisis de varianza, el cual se utiliza para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias, cuando se tienen más de 2 muestras o grupos en el mismo planteamiento.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a = 0$$

$$H_a: \mu_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

La técnica fundamental, consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS) en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo. En la prueba Anova se reúne evidencia muestral de cada población bajo estudio y se usan estos datos para calcular un estadístico muestral.

Después se consulta la distribución apropiada para determinar si el estadístico muestral contradice la suposición de que la hipótesis nula es cierta.

3.8.1. Grados de libertad y valor crítico

Los grados de libertad están dados por el número de valores que pueden ser asignados de forma arbitraria, antes de que el resto de las variables tomen un valor producto de establecerse las que son libres, esto, con el fin de compensar e igualar un resultado que se ha conocido previamente.

$$(k - 1)/(n - k) \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

K = número de filas o tratamientos

n = número total de datos

Se localiza este dato en la tabla F para encontrar el valor crítico según los grados de libertad del denominador y el numerador.

3.8.2. Cálculos para tabla Anova

El análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística, usando la denominada distribución F de Snedecor. Una vez que se han calculado las sumas de cuadrados, las medias cuadráticas, los grados de libertad y la F, se procede a elaborar una tabla que reúna la información, denominada tabla de análisis de varianza o Anova.

Tabla XII. **Análisis de varianza**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Intergrupo o tratamiento	$SS_{Factores}$	$t - 1$	$T = \frac{SS_{Factores}}{t - 1}$	$F = \frac{T}{E}$
Intragrupo o error	SS_{Error}	$N - t$	$E = \frac{SS_{Error}}{N - 1}$	
Total	SS_{Total}	$N - 1$		

Fuente: FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, Santiago. *Estadística descriptiva*. p 57.

Donde:

$SS_{Factores}$: es un número real relacionado con la varianza, que mide la variación debida al factor, tratamiento situación estudiada.

$$SST = \sum \left(\frac{T_c^2}{n_c} \right) - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad \text{Ecuación 2}$$

SS_{Total} : suma de cuadrados total

$$SS_{Total} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad \text{Ecuación 3}$$

SS_{Error} : es un número real relacionado con la varianza, que mide la variación dentro de cada factor, tratamiento o tipo de situación.

$$SSE = SS_{Total} - SST \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

x = cada una de las observaciones

n = número total de observaciones

T_c = total de la columna de cada tratamiento

n_c = número de observaciones de cada tratamiento

3.8.2.1. Interpretación de Anova

El paso final en Anova requiere el cálculo de un cociente con la estimación del método entre el numerador y la estimación del método dentro del denominador. Si la hipótesis nula de que las poblaciones tienen la misma media es cierta, esta razón consiste en 2 estimaciones separadas de la misma varianza poblacional y se puede obtener la distribución F si las medias poblacionales no son iguales. La estimación en el numerador estará inflada, y el resultado será un cociente muy grande. Al consultar la distribución F, no es probable que un cociente tan grande haya sido obtenido de esta distribución, y la hipótesis nula será rechazada.

La prueba de hipótesis en Anova, es de una cola, con un nivel de confianza del 95 por ciento, un estadístico F grande llevará al rechazo de la hipótesis nula y un valor pequeño hará que no se rechace.

Para comprobar la hipótesis, se utiliza Microsoft Excel, la opción análisis de datos para el análisis de varianza de un factor. Se obtienen los siguientes resultados para determinar si existe diferencia significativa entre la mezcla 1 con el resto de las mezclas:

Tabla XIII. **Análisis de varianza entre mezcla 1 y mezcla 2**

Análisis nutricional						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para f	
Entre grupos	11 226,07	7,00	1 603,76	6 515,89	3,55	
Dentro de los grupos	1,98	8,00	0,27			
Total	11 228,05	15,00				
Análisis de aceptabilidad						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para f
Entre grupos	12,47	9,00	1,38	0,38	0,92	3,02
Dentro de los grupos	37,50	10,00	3,65			
Total	49,97	19,00				

Fuente: elaboración propia, a partir de la ecuación 1 en el Apéndice 3.

Tabla XIV. **Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 3**

Análisis nutricional						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para f	
Entre grupos	11 006,72	7,00	1 572,10	1 497,00	3,80	
Dentro de los grupos	8,80	8,00	1,05			
Total	11 015,52	15,00				
Análisis de aceptabilidad						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para f
Entre grupos	8,00	9,00	1,00	1,67	0,22	3,02
Dentro de los grupos	6,03	10,00	0,60			
Total	14,03	19,00				

Fuente: elaboración propia, a partir de la ecuación 1 en el apéndice 3.

Tabla XV. **Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 4**

Análisis nutricional						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F		Valor crítico para f
Entre grupos	10 866,16	7,00	1 550,88	634,56		3,50
Dentro de los grupos	19,58	8,00	2,44			
Total	10 885,77	15,00				
Análisis de aceptabilidad						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para f
Entre grupos	11,30	9,00	1,24	2,49	0,09	3,02
Dentro de los grupos	5,80	10,00	0,50			
Total	17,10	19,00				

Fuente: elaboración propia, a partir de la ecuación 1 en el apéndice 3.

Tabla XVI. **Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 5**

Análisis nutricional						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para f	
Entre grupos	10 515,06	7,00	1 502,15	109,28	3,50	
Dentro de los grupos	109,96	8,00	13,75			
Total	10 625,03	15,00				
Análisis de aceptabilidad						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para f
Entre grupos	15,80	9,00	1,76	0,25	0,98	3,02
Dentro de los grupos	70,00	10,00	7,00			
Total	85,80	19,00				

Fuente: elaboración propia, a partir de la ecuación 1 en el apéndice 3.

Con el análisis estadístico, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, al encontrarse diferencia significativa en la aceptabilidad del producto en cuanto a los nutrientes que aporta la mezcla de harina de palmiste.

4. RESULTADOS

Con los datos obtenidos a continuación, se muestran las diferentes variables evaluadas para determinar la mezcla que presente, tanto una composición con propiedades nutricionales elevadas y que sea agradable al consumidor.

Determinar el valor nutricional de la harina de palmiste obtenida por dos diferentes procesos.

Tabla XVII. **Composición química y nutricional de palmiste oscuro**

Propiedades nutricionales (por ciento)	Harina obscura					
	Tamiz			Residuo		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fibra cruda	19,71	19,59	18,69	11,06	12,16	12,95
Proteína	15,22	15,17	14,88	11,51	11,54	11,50
Cenizas	4,39	4,35	4,40	4,52	4,41	4,47
Grasas	4,35	4,38	4,33	4,36	4,39	4,40
Humedad	7,22	7,01	6,71	7,61	7,65	7,63

Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Tabla XVIII. **Composición química y nutricional de palmiste lavado**

Propiedades nutricionales (por ciento)	Harinas lavada					
	Tamiz			Residuo		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Proteína	18,58	18,68	18,88	15,51	15,05	15,10
Cenizas	4,03	4,04	4,00	4,19	4,28	4,23
Grasas	2,72	2,77	2,78	2,85	2,76	2,84
Humedad	5,81	5,53	5,46	6,76	6,66	6,68
Fibra cruda	20,18	20,64	20,16	14,59	13,72	14,37

Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

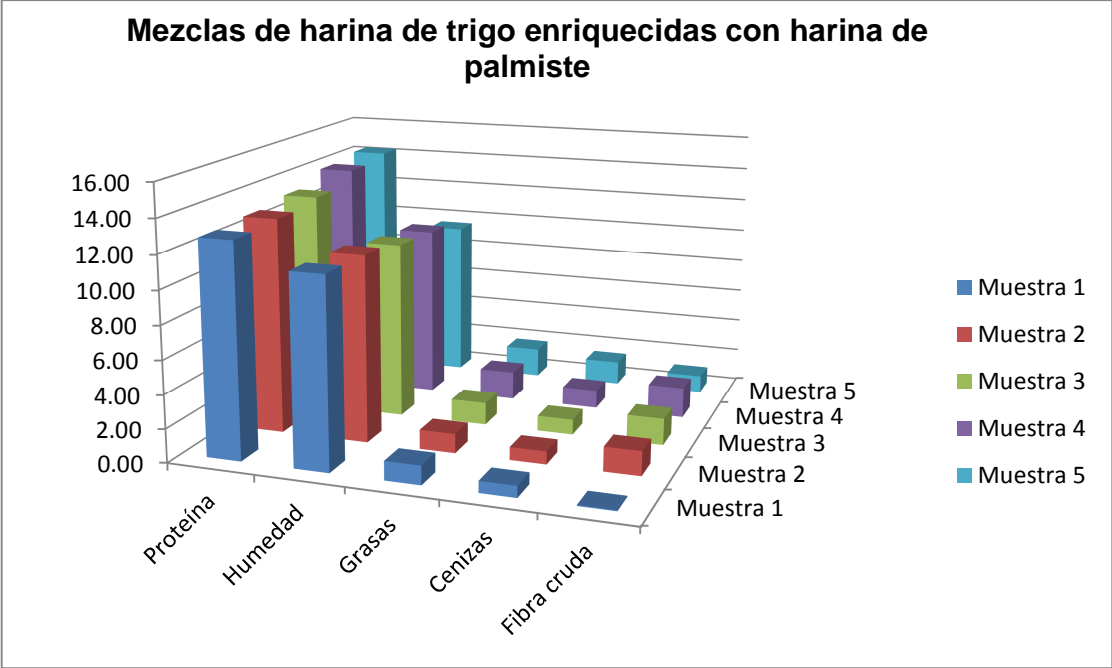
Determinar el valor nutricional de cinco diferentes formulaciones (100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 75:25) empleando el tamizado que contenga mayor valor nutricional, mediante un análisis proximal (proteína, fibra, cenizas y grasas).

Tabla XIX. **Composición química y nutricional de las mezclas enriquecidas**

Propiedades (por ciento)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Proteína	12,76	12,90	13,21	13,96	14,27
Cenizas	0,68	0,76	0,91	1,10	1,43
Grasas	1,12	1,14	1,34	1,72	1,77
Humedad	11,28	11,17	10,64	10,37	9,53
Fibra cruda	0,06	1,44	1,59	1,83	1,05

Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

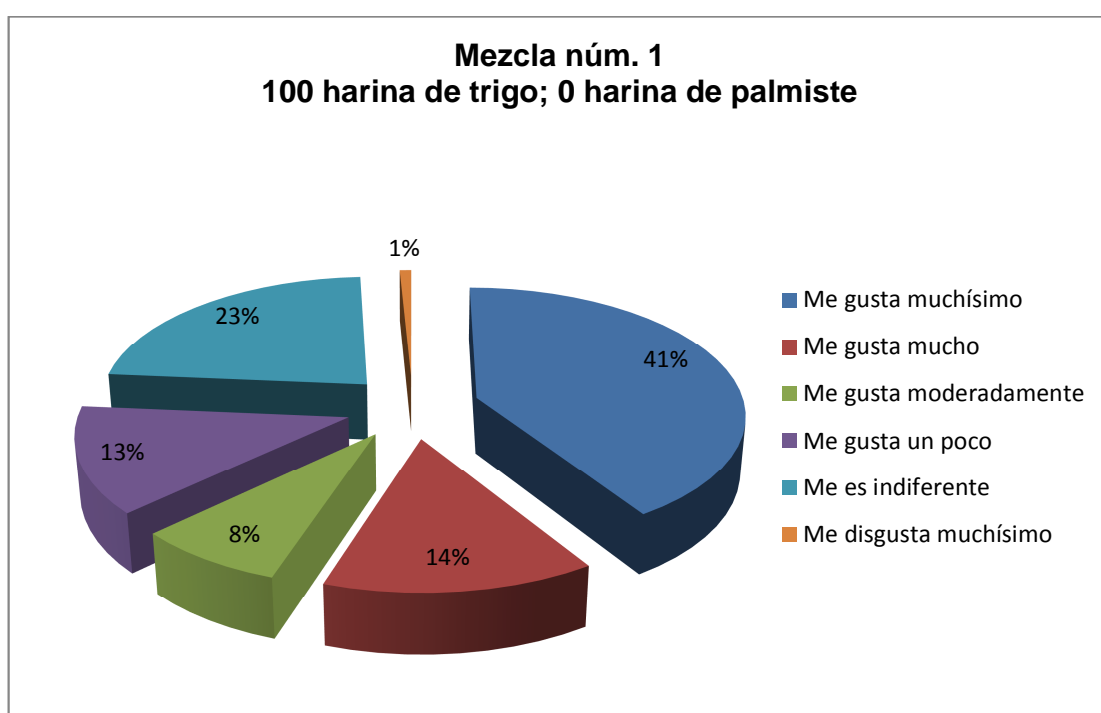
Figura 4. Mezclas de harina enriquecidas con palmiste



Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

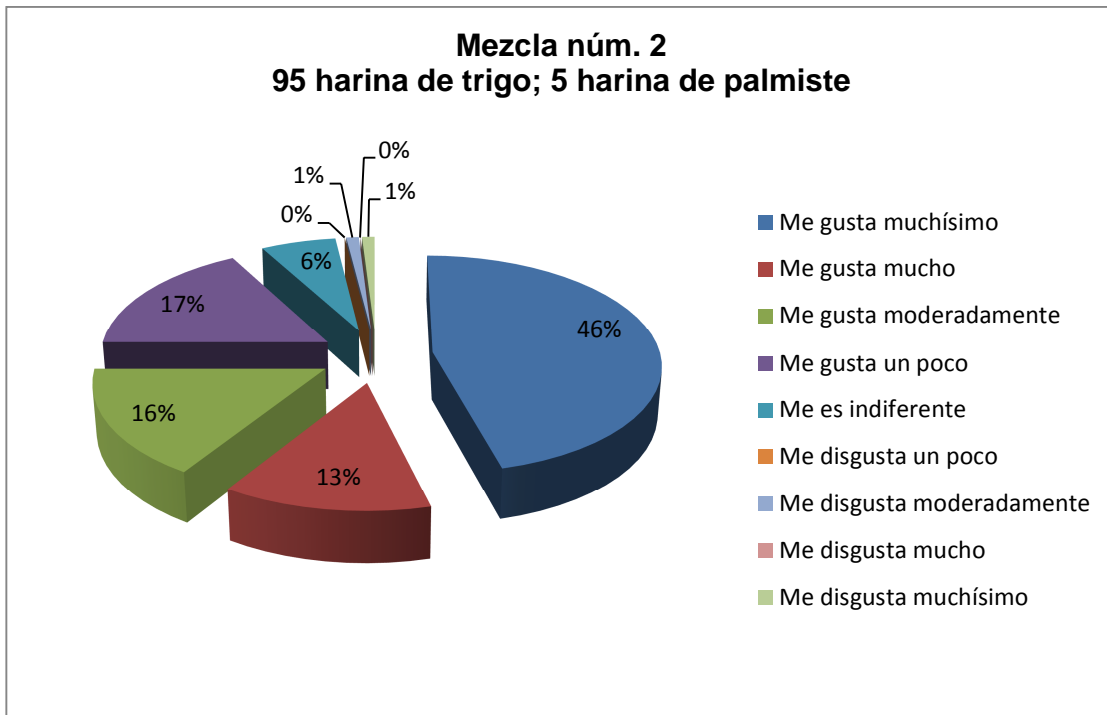
Evaluar sensorialmente el producto mediante una prueba de aceptabilidad general utilizando escala hedónica de nueve puntos.

Figura 5. **Evaluación sensorial para la mezcla núm. 1 con 0 por ciento de palmiste**



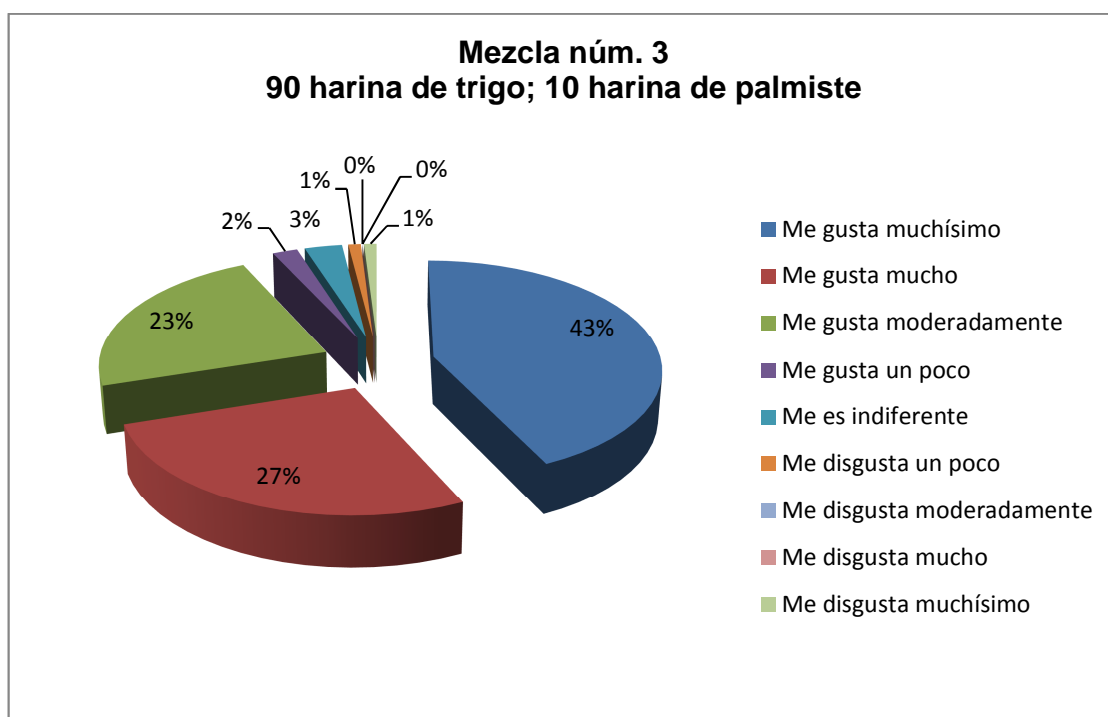
Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Figura 6. Evaluación sensorial para la mezcla núm. 2 con 5 por ciento de palmiste



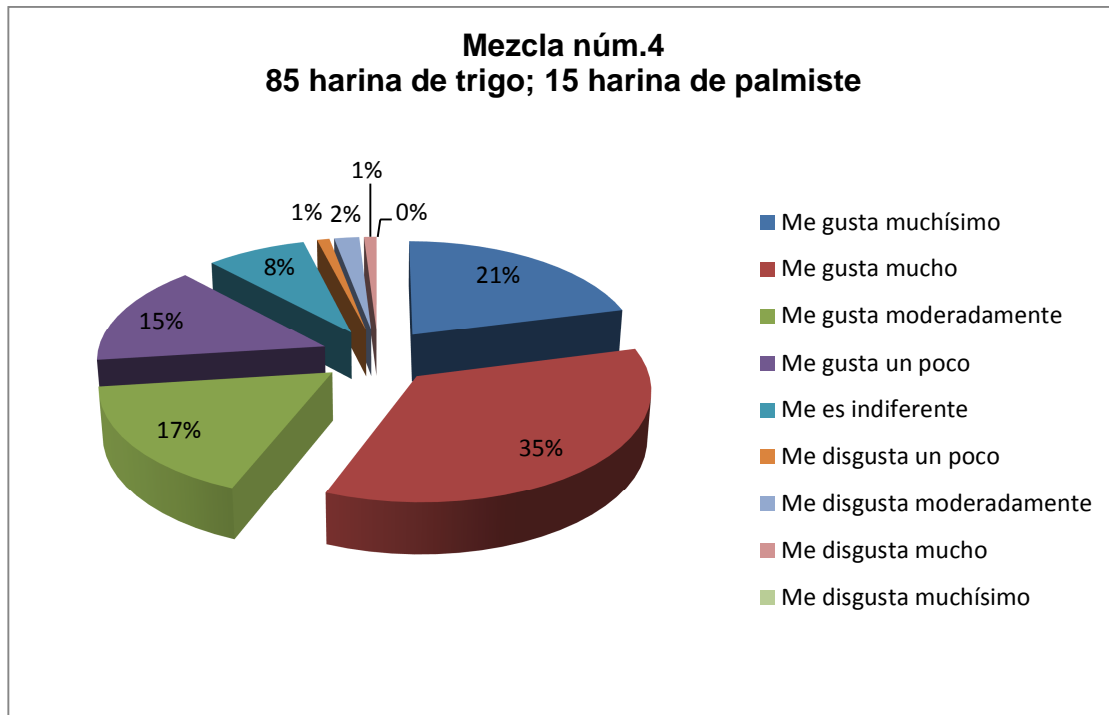
Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Figura 7. Evaluación sensorial para la mezcla núm. 3 con 10 por ciento de palmiste



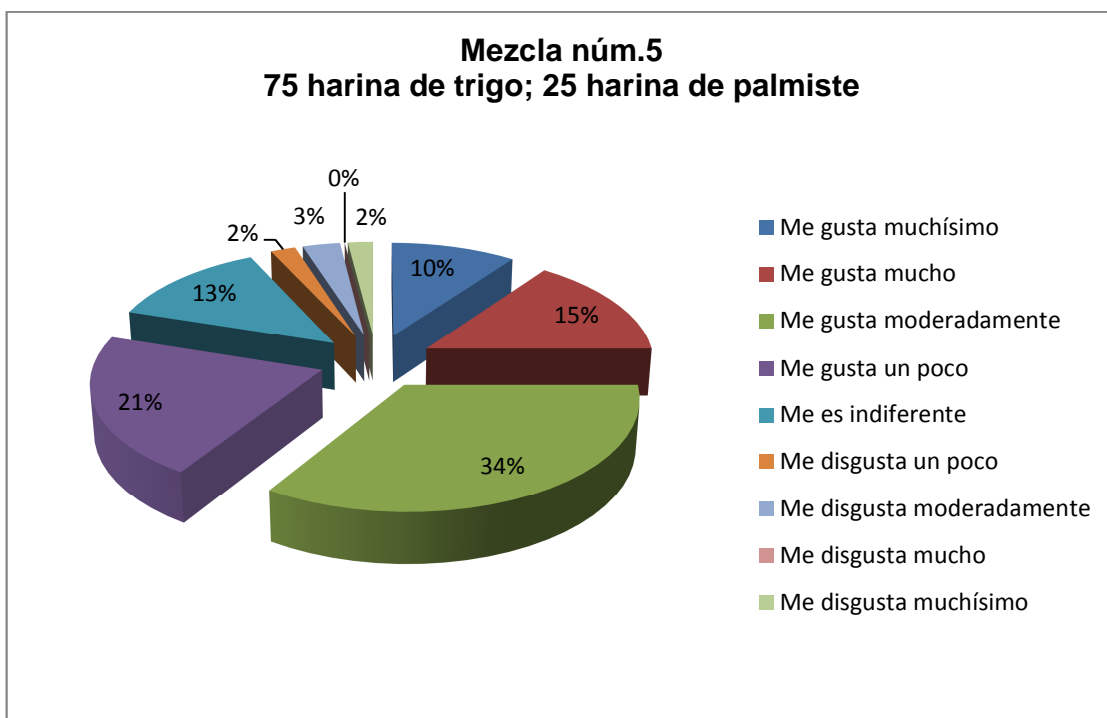
Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Figura 8. Evaluación sensorial para la mezcla núm. 4 con 15 por ciento de palmiste



Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Figura 9. Evaluación sensorial para la mezcla núm. 5 con 25 por ciento de palmiste



Fuente: elaboración propia, con base en datos calculados. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Determinar el porcentaje de hexano existente en el producto final.

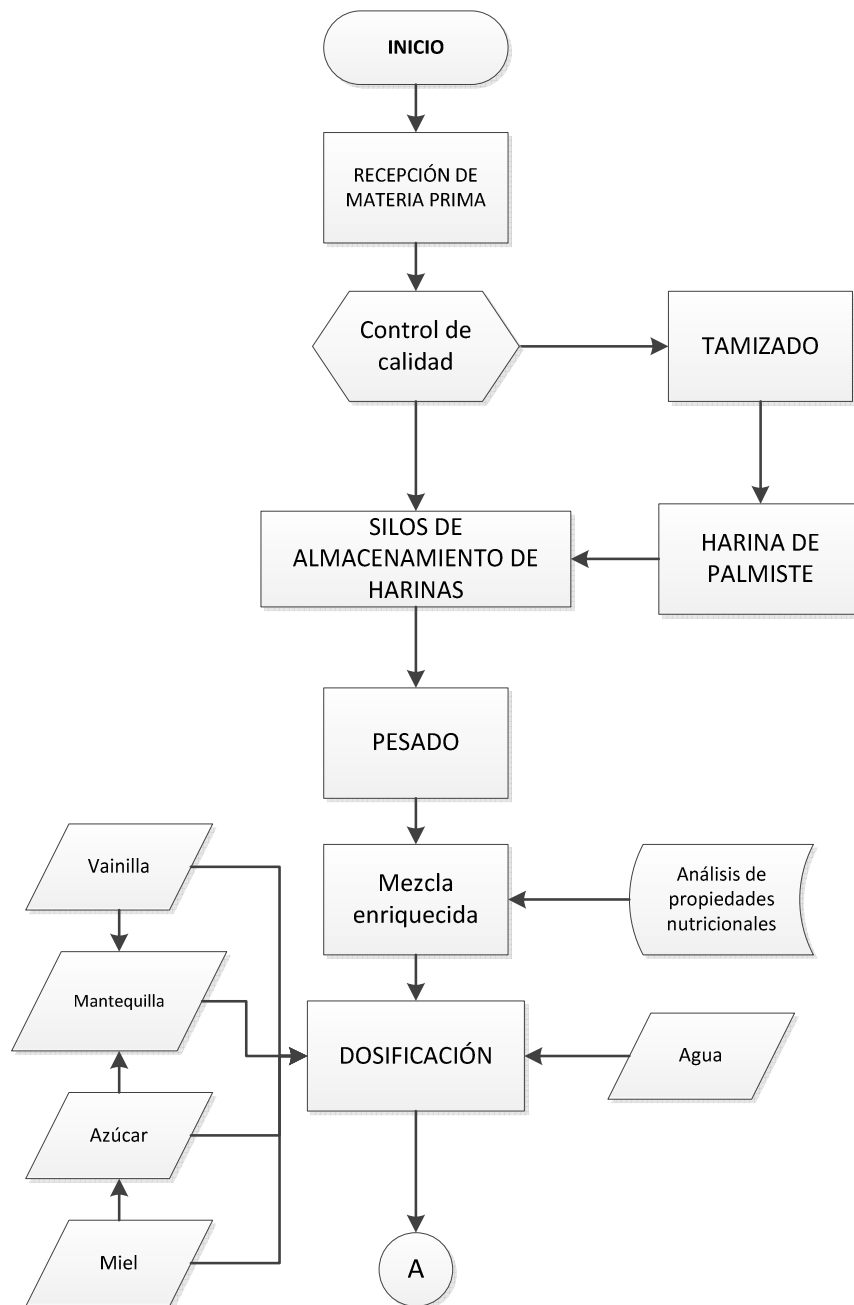
Tabla XX. **Porcentaje de hexano presente en la mezcla seleccionada**

Muestra	Núm. de corrida	Limite permisible de hexano	Hexano (ppm)
85:15	1.	< 50 ppm	36,26
	2.		36,54
	3.		35,89

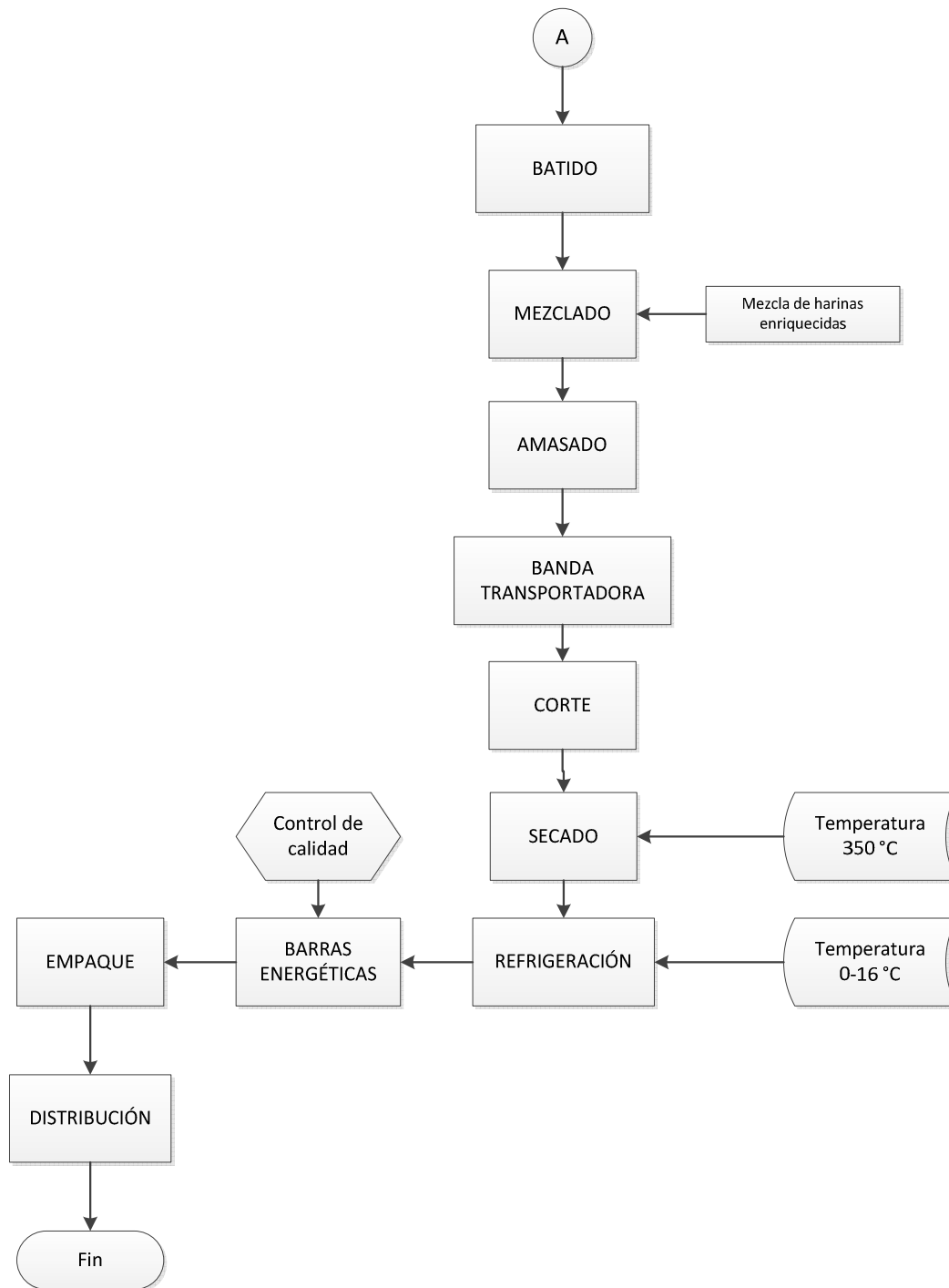
Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Proceso a nivel industrial mediante un diagrama de flujo.

Figura 10. **Proceso de producción**



Continuación de la figura 10.



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación posee como principal objetivo determinar la probabilidad de desarrollar un suplemento alimenticio a partir del subproducto de la palma africana, el palmiste, realizando una mezcla con harina de trigo en diferentes proporciones; se evalúan las propiedades nutricionales que aporta y se desarrolla un análisis sensorial identificando la aceptación del producto en el mercado.

Los antecedentes muestran que las aplicaciones de las proteínas de palmiste han sido poco estudiadas, aunque la producción global de aceite de palma aumenta considerablemente, especialmente en Guatemala año tras año, y puede representar, consecuentemente, una materia prima disponible a bajo costo, la cual en la actualidad no es aprovechada, puesto que el único uso que se le da a esta es para consumo animal; esto se debe a que posee un alto nivel de fibra, lo cual impide el máximo aprovechamiento de las proteínas que aporta.

A raíz de que Guatemala posee índices elevados de desnutrición se desarrolla y establece la hipótesis de este proyecto; se parte del análisis nutricional de la materia prima para generar las mezclas en diferentes proporciones de harina de trigo y la harina de palmiste seleccionada.

Una característica importante y la principal impulsora en el desarrollo del proyecto es el evidente uso del palmiste para el engorde de ganado y cerdos, esto se debe a que el palmiste posee altos niveles de fibra y proteína; la fibra constituye el remanente comestible de las plantas, el cual es resistente a las

enzimas digestivas humanas, cuyos beneficios producidos en el intestino tras su ingestión equilibrada, incluyen el aumento de volumen de las heces, la reducción del tiempo de tránsito y el aumento de la motilidad.

Por lo que se busca el desarrollo de un alimento procesado con un contenido de fibra, proteína equilibrado y aumentado por la incorporación de suplementos ricos en ambas propiedades.

El estudio inicia con la determinación del valor nutricional de cada una de las harinas, se cuenta con dos tipos de harinas de palmiste; la primera es la harina oscura, la cual no cuenta con un tratamiento posterior a su obtención y la harina lavada, cuya característica principal es no haber sido sometida a lavado con solvente (hexano), lo cual ha beneficiado en los aspectos organolépticos de la misma, y a su vez disminuye el riesgo de descomposición y mayor aceptabilidad. Se tamiza cada una de las harinas y se realiza el análisis proximal, tanto al tamiz como al residuo, para identificar cuál es la mejor opción para el desarrollo de las mezclas.

Con el análisis proximal se determina su composición química, los resultados demuestran que el palmiste presenta un alto contenido de fibra, siendo los valores más altos de 20,64 por ciento y de proteínas 18,88 por ciento para el tamizado de la harina lavada. Además, tiene una humedad de 5,81 por ciento, cenizas 4,04 por ciento y grasas 4,04 por ciento; estos datos se presentan en la tabla XVIII; esto se debe a que la harina lavada con solvente sufre una ruptura en la superficie de cada partícula, lo cual permite la obtención de mayores proporciones de proteína.

Con base en estos resultados obtenidos se realizan las mezclas con harina de trigo y el tamizado de harina de palmiste lavada, buscando las

proporciones que tengan un elevado contenido de fibra, proteína y principalmente una aceptación de consumo en cuanto a un sabor agradable.

En la tabla XIX se presenta la composición nutricional de las mezclas de harinas trigo - palmiste, para la cual la humedad disminuye conforme se aumenta la proporción de palmiste en la mezcla, siendo la máxima humedad alcanzada en la proporción 100:0 de 11,28 por ciento; este valor corresponde a la harina de trigo pura; esto se debe a que posee una proteína insoluble que está presente en la harina y le permite absorber la humedad para ser liberada.

Las cenizas en las mezclas presentan un incremento proporcional al aumento del palmiste, obteniendo un valor de 1,43 por ciento en la proporción 75:25; esto indica que el nivel de fibra aumenta proporcionalmente; los factores antes mencionados hacen apta la mezcla para su empleo en la elaboración de productos de panadería, pastelería y otros.

El objetivo principal del estudio es evaluar el efecto de la incorporación de fibra y proteína a una mezcla de harinas de contenido nutricional conocido, la cual determinó que el contenido de fibra dietética aumenta de 08,25 a 14,27 por ciento al aumentar el porcentaje de palmiste, respectivamente; este valor es considerado bajo respecto de otros suplementos alimenticios que poseen valores de fibra y proteína más elevados, siendo el parámetro de comparación, la incaparina.

La harina de palmiste es funcional para los animales debido a sus múltiples órganos digestivos, por lo cual ellos pueden extraer valores de proteína muchísimo más elevados que los obtenidos, la valorización de la harina de palmiste solo será posible si sus propiedades funcionales y

tecnológicas fueran mejoradas, ya que sus proteínas poseen poco interés en el ámbito industrial.

Como es posible observar en los resultados antes expuestos, la materia pura posee elevados porcentajes nutricionales los cuales se ven afectados, disminuyendo al realizar la mezcla con la harina de trigo.

Cabe destacar que los porcentajes de grasa presentes tanto en la materia pura como en las mezclas es bajo en comparación con otras harinas vegetales; esto se debe a que el palmiste es un subproducto obtenido por la extracción de aceite por medio de solvente; esta disminución de grasa afecta directamente en la formulación de la galleta puesto que el porcentaje de grasa a utilizar para la elaboración aumenta.

La evaluación sensorial de las galletas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo y palmiste (0, 5, 10, 15 y 25 por ciento), se realizó con el fin de determinar cuál de las cinco mezclas era de más agrado para el consumidor; esta evaluación se realizó a través de un panel no entrenado conformado por un grupo objetivo determinado, comprendido en las edades escolares de 8 a 12 años. El catador decidió con base en la degustación, la calificación otorgada a partir de una escala que variaba desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo.

Los resultados obtenidos muestran que las cinco galletas fueron del agrado de los encuestados, siendo la galleta de la mezcla 4 con 85 por ciento de harina de trigo y 15 por ciento de palmiste, la mejor evaluada según esta escala, ya que sus resultados se distribuyeron entre gustarle muchísimo a gustarle mucho con un 35 y 17 por ciento, respectivamente, por lo que se esperaba una buena aceptación del producto en el mercado.

En la etapa de mezclado de ingredientes realizado en una mezcladora de harina para panificación se observó que el aspecto físico de la fórmula final cambiaba en color. El color se tornó más oscuro conforme se incrementó al porcentaje de harina de palmiste presente, pero esto no fue desagradable a los posibles consumidores.

La cuarta y última fase de este proyecto busca brindarle un beneficio a la entidad privada y aportar los conocimientos obtenidos diseñando un proceso para obtener la galleta; el diseño se inició con la realización del diagrama de flujo del proceso; esta herramienta permite identificar el tipo de equipo que se necesita utilizar.

Al elaborar las galletas nutricionales en planta piloto se determinó que la parte más importante del proceso es el ingreso de la materia prima, principalmente la harina de palmiste, por lo cual es importante que al ingreso de proceso se realice la observación física para establecer la higiene y niveles microbiológicos de la misma.

El proceso inicia con la recepción, selección, análisis y almacenamiento de la materia prima (harina de trigo, harina de palmiste, miel, vainilla y mantequilla).

Para homogeneizar la harina de palmiste se procede a tamizar el polvo obtenido a través de un tamiz con un número de *mesh* de 10. El polvo homogeneizado se traslada por medio de banda sin fin con inclinación a silos, para resguardarlo de la humedad y descomposición hasta su posterior uso.

La obtención de la galleta como tal inicia al transportar la harina de palmiste almacenada en los silos al mezclador; la mantequilla se bate con

azúcar y luego la mezcla de harinas es pesada, dosificada y batida hasta obtener una consistencia pastosa, a la cual se le adiciona un porcentaje de agua para conseguir la consistencia adecuada; luego se esparce en una superficie plana y por medio de rodillos se comprime hasta obtener el grueso deseado; posteriormente, sobre una banda transportadora se corta la lámina de maza en forma circular, se colocan en el horno y al salir del mismo se empaca.

CONCLUSIONES

1. El contenido nutricional de la harina de palmiste es afectada por el proceso de lavado con solvente; permitiendo una mayor obtención de proteínas mediante la ruptura de la superficie de la partícula de palmiste.
2. Se utilizó el tamizado de la harina de palmiste lavada para el desarrollo de las mezclas, obteniendo la mayor composición nutricional en la mezcla 75:25.
3. La harina de palmiste posee elevados porcentajes nutricionales de proteína y fibra, los cuales disminuyen al realizar la mezcla con la harina de trigo; por lo cual se posiciona por debajo del suplemento alimenticio en comparación con la incaparina.
4. El porcentaje de hexano presente en el producto final es menor a 50 ppm, lo cual es permisible para la ingesta humana en América.
5. Se eligió la mezcla con el 15 por ciento de palmiste, puesto que posee un valor promedio de aceptabilidad de 6,30 que corresponde a un rango entre “me gusta moderadamente” y “me gusta un poco”, y posee las características mayores de aporte nutricional.
6. El flujo de proceso de producción propuesto es viable para la entidad privada, puesto que cuenta con los equipos necesarios.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la galleta nutricional con un estudio de aprovechamiento de los nutrientes, en especial proteína aportada por la harina de palmiste, mediante una evaluación biológica en ratas, para determinar el índice de eficiencia proteica.
2. Realizar la evaluación de lipofilización para mejorar las propiedades de la harina de palmiste y ver cómo influye en su análisis nutricional.
3. Desarrollar una investigación de mercado con una población más amplia, para determinar la intención de compra y la aceptabilidad del potencial consumidor.
4. Adicionar diferentes harinas a la harina de palmiste, con el fin de desarrollar una mezcla con mayores atributos nutricionales.
5. Realizar el análisis técnico y financiero para el diseño y producción de este tipo de producto en la industria.
6. Evaluar la utilización de preservantes en las galletas nutricionales.

BIBLIOGRAFÍA

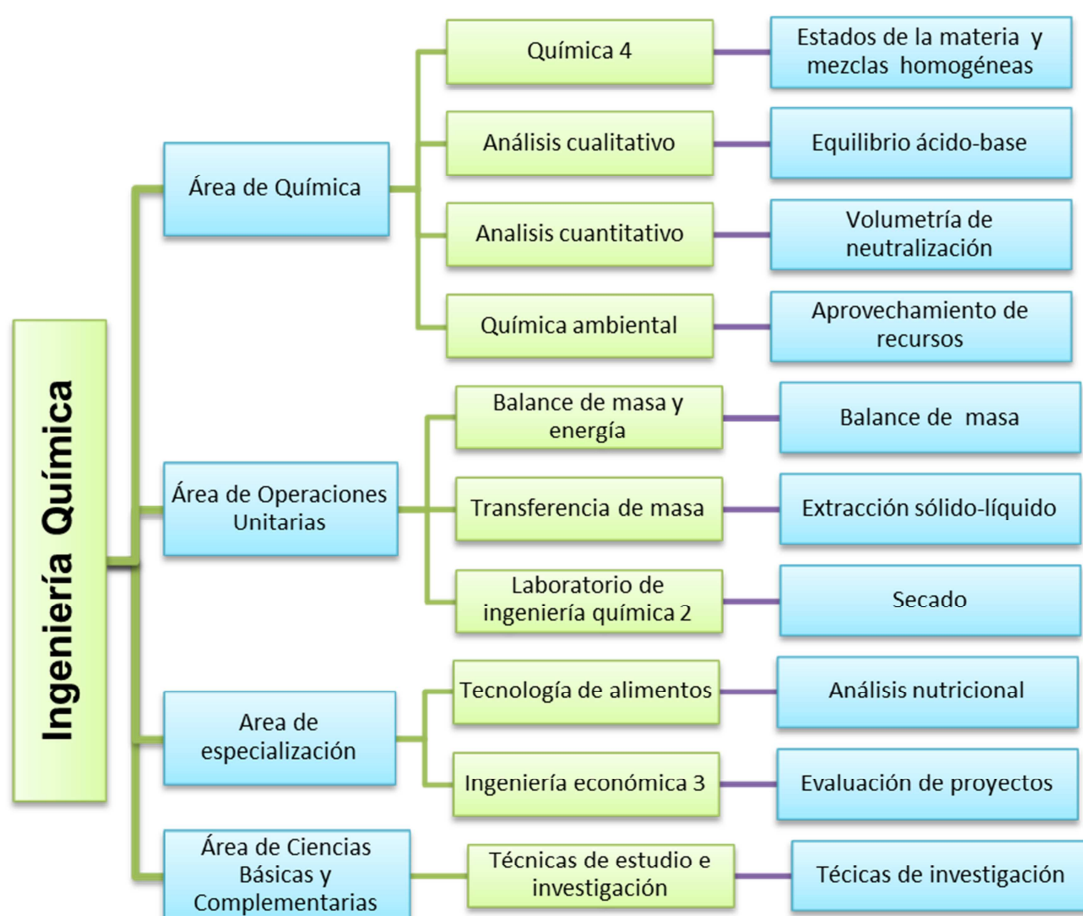
1. BAQUERO FRANCO, José. *Extracción de semillas de oleaginosas*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. [en línea]. <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1988_03.pdf>. [Consulta: 20 de noviembre de 2012].
2. Cedacería Industrial (CISA). *Telas metálicas ISO 9044. Malla cuadrada*. [en línea]. <<http://www.cisa.net/es/pdf/iso9044.pdf>>. [Consulta: 5 de diciembre de 2012].
3. CODEX Alimentarius. *Cereales, legumbres, leguminosas, productos proteínicos vegetales*. Italia: Organización Mundial de la Salud Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2007. 115 p.
4. DARY, Omar. *Las bondades de la galleta nutricionalmente mejorada*. Guatemala: INCAP, 1997. 13 p.
5. DELGADO, Hermán; PALMA, Patricia. *La iniciativa de seguridad alimentaria en Centroamérica*. [en línea]. <<http://bvssan.incap.org.gt/local/file/ME086.pdf>>. [Consulta: 10 de noviembre de 2012].
6. FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, Santiago. *Estadística descriptiva*. España: ESIC. 2002. 571 p.

7. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA). *Torta de presión de palmiste. Valores nutricionales*. [en línea]. <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_ para piensos/torta-de-presi%C3%B3n-de-palmiste>. [Consulta: 06 de noviembre de 2012].
8. Grupo Propalma. *Harina de palmiste, una excelente opción para la dieta ganadera*. [en línea]. <<http://www.fec-chiapas.org.mx/FEC/adjnoticias/1101/Harina%20de%20palmiste.pdf>>. [Consulta: 25 de noviembre de 2012].
9. Infoagro Systems. *Cultivo de palma africana*. [en línea]. <<http://www.infoagro.com>>. [Consulta: 12 de noviembre de 2012].
10. LEÓN, Jorge. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica: IICA, 1987. 522 p.
11. MARÍN RODRÍGUEZ, Zoila Rosa. *Elementos de nutrición humana*. San José, Costa Rica: EUNED, 1998. 432 p.
12. ORTIZ VEGA, Rubén Alberto. *El cultivo de la palma aceitera*. San José, Costa Rica: EUNED, 1994. 208 p.
13. *Proceso de producción del aceite de palma 2006*. [en línea]. <<http://galeon.com/subproductospalma/proceso1.pdf>>. [Consulta: 27 de noviembre de 2012].

14. ROJAS FRANKLIN. *Cultivo de la palma de aceite*. San José, Costa Rica: EUNED, 1989. 56 p.
15. ROTHSCHUT, Julio. *Guía de cultivo de palma africana*. Nicaragua: 1983. 40 p.
16. TURNER, Paul David; GILLBANKS, Roger. *Oil palm cultivation and management*. Kuala, Lumpur, Malaysia: 1976. 672 p.
17. VALLHONRAT BOU, José María. *Manual de control de calidad*. Barcelona: España, 1983. 1509 p.

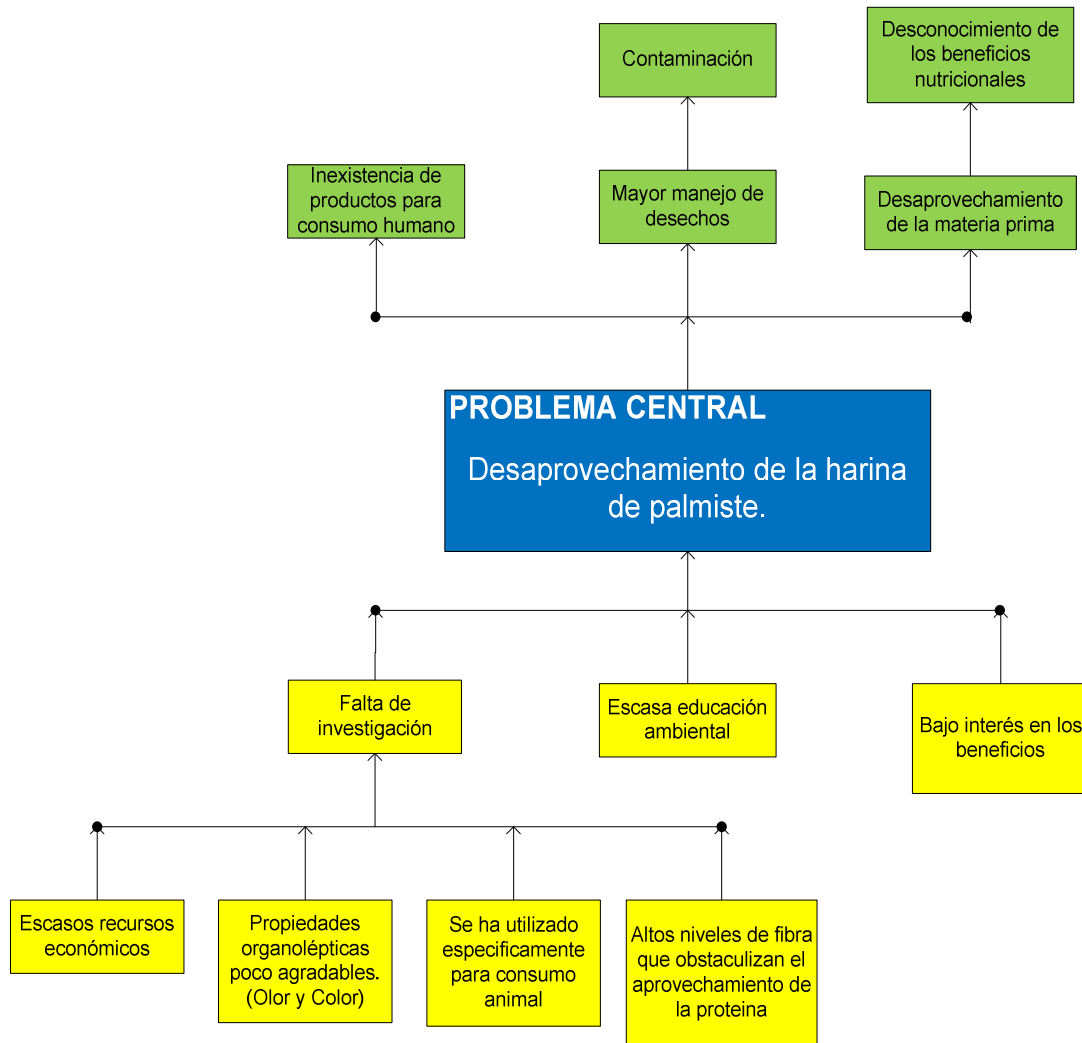
APÉNDICES

Apéndice 1. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Formulación para la elaboración de la galleta nutricional**

A. Formulación 95:5 y 90:10

Harina de trigo	95 % - 90 %
Harina de palmiste	5 % - 10 %
Margarina	45 %
Azúcar	35 %
Huevo	20 %
Agua	20 %
Miel	10 %
Vainilla	2 %
Polvo de hornear	2 %

B. Formulación 85:15 y 75:25

Harina de trigo	85 % - 75 %
Harina de palmiste	15 % - 25 %
Margarina	50 %
Azúcar	35 %
Huevo	20 %
Agua	20 %
Miel	10 %
Vainilla	2 %
Polvo de hornear	2 %

C. Procedimiento

- Se coloca en la mezcladora la mezcla de harinas, margarina, polvo de hornear y azúcar.
- Mezclar a velocidad baja por 5 minutos.
- Mezclar a velocidad media por 5 minutos más.
- Se vierten los demás ingredientes y se mezcla por 2 minutos a velocidad media.
- Se moldea la masa con 160 gr. de harina de trigo.
- Se le da la forma deseada y con la ayuda de un molde circular se obtienen las galletas.
- Se colocan en una charola engrasada.
- Se hornean a 165 °C por un lapso de 25 a 30 minutos.

D. Muestra de cálculo

D.1. Determinación de humedad

Se determina la humedad en la harina de palmiste con base en la diferencia de peso después de secado, determinada cantidad de tiempo en el horno de secado.

D.1.1. Humedad gruesa y fina: método MEBAK

Se determina la humedad del palmiste con las dos diferentes muestras, tanto la obscura como la lavada, con la diferencia de peso antes de secar en el horno de 60 grados Celsius y después de transcurridas 12 horas en el horno. Después se determina la humedad las harinas al transcurrir 3 horas en el horno a 105-107 grados Celsius.

$$W_{1,2} = \frac{(A-B)-(D-B)}{(A-B)} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$W_{1,2}$ = humedad gruesa y humedad fina, respectivamente, [por ciento]

A = peso inicial de palmiste [gramos]

B = tara de la cajilla de aluminio y tapadera [gramos]

D = peso final de palmiste después de secado [gramos]

D.1.2. Humedad total

$$W(\%) = W_1 + W_2 - \frac{W_1 - W_2}{100} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

W = contenido total de agua

W_1 = pérdida de agua en el presecado en por ciento (agua gruesa)

W_2 = contenido de agua del palmiste presecado en por ciento (agua fina)

D.1.3. Humedad de la harina: método AOAC 925,09

Es un método termogravimétrico que consiste en la aplicación de cierto grado de calor para desprender la humedad del alimento y después por diferencias de pesos, se obtiene el valor final de humedad.

$$\text{Humedad } [\%] = \frac{A-(D-B)}{A} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

A = peso de la muestra [gramos]

B = tara del recipiente [gramos]

D = peso final de la muestra y el recipiente [gramos]

D.1.4. Fibra cruda: método AOAC 962,09

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = \frac{(B-D)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

B = peso con el residuo seco [gramos]

D = peso del crisol con la ceniza [gramos]

A = peso inicial de la muestra [gramos]

D.2. Proteína

D.2.1. Método de Kjeldah AOAC 954,01

$$\% \text{ proteínas} = \frac{0.014 \times K \times N_A \times V_A}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

A = peso de la muestra tratada [gramos]

N_A y V_A = normalidad y volumen en mililitros de ácido clorhídrico

K = factor de conversión de nitrógeno orgánico a proteínas: 6.25

D.3. Grasa cruda

D.3.1. Método AOAC 920,39

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{(D-B)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

B = peso del matraz limpio y seco [g]

D = peso del matraz con grasa [g]

A = peso de la muestra [g]

D.4. Cenizas en harinas

D.4.1. Método AOAC 923,03

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = \frac{D-B}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

D = peso del crisol con cenizas [gramos]

B = peso del crisol [gramos]

A = peso inicial de la muestra [gramos]

E. Datos originales

E.1. Datos originales y determinación de análisis nutricional

Apéndice E.1.1. **Determinación de ceniza en la harina de palmiste**

	Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Ceniza (g)	% de cenizas (g)
Oscura	Tamiz	1.	16,7094	2,0016	16,7972	4,3865
		2.	16,0919	2,0070	16,1793	4,3548
		3.	16,5183	2,0058	16,6065	4,3972
	Residuo	1.	15,9918	2,0090	16,0827	4,5246
		2.	16,2378	2,0030	16,3262	4,4134
		3.	13,8501	2,0043	13,9396	4,4654
Lavada	Tamiz	1.	15,2878	2,0036	15,3685	4,0278
		2.	12,2297	2,0959	12,3143	4,0365
		3.	12,2283	2,0959	12,3122	4,0031
	Residuo	1.	10,6544	2,0076	10,7386	4,1941
		2.	11,8321	2,0119	11,9182	4,2795
		3.	10,7437	2,0451	10,8302	4,2296

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.2. **Determinación de ceniza en las mezclas**

Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Ceniza (g)	% de cenizas (g)
100:0	1.	17,9968	2,0085	18,0106	0,6871
	2.	15,5154	2,0016	15,5289	0,6745
	3.	13,8501	2,0025	13,8638	0,6841
95:5	1.	13,1537	2,0176	13,1691	0,7633
	2.	13,8501	2,0603	13,8657	0,7572
	3.	13,5630	2,0560	13,5789	0,7733
90:10	1.	12,5047	2,0945	12,5240	0,9215
	2.	12,7329	2,0550	12,7515	0,9051
	3.	12,6931	2,0055	12,7112	0,9025
85:15	1.	9,8993	2,0451	9,9218	1,1002
	2.	12,5412	2,0426	12,5632	1,0771
	3.	13,2698	2,0026	13,2921	1,1136
75:25	1.	10,5524	2,0276	10,5801	1,3661
	2.	11,9380	2,0109	11,9682	1,5018
	3.	12,8613	2,0009	12,8899	1,4294

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.3. **Determinación de humedad en la harina de palmiste**

	Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Muestra seca (g)	% de humedad (g)
Oscura	Tamiz	1.	16,7094	2,0016	18,5664	7,22
		2.	16,0919	2,0070	17,9583	7,01
		3.	16,5183	2,0058	18,3896	6,71
	Residuo	1.	15,9918	2,0090	17,8479	7,61
		2.	16,2378	2,0030	18,0875	7,65
		3.	13,8501	2,0043	15,7014	7,63
Lavada	Tamiz	1.	15,2878	2,0036	17,1749	5,81
		2.	12,2297	2,0959	14,2098	5,53
		3.	12,2283	2,0959	14,2098	5,46
	Residuo	1.	10,6544	2,0076	12,5262	6,76
		2.	11,8321	2,0119	13,7101	6,66
		3.	10,7437	2,0451	12,6521	6,68

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.4. **Determinación de la humedad en las mezclas**

Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Muestra seca (g)	% de humedad (g)
100:0	1.	17,9968	2,0085	19,7751	11,4613
	2.	15,5154	2,0016	17,2921	11,2360
	3.	13,8501	2,0025	15,6295	11,1411
95:5	1.	13,1537	2,0176	14,9512	10,9090
	2.	13,8501	2,0603	15,6791	11,2265
	3.	13,6521	2,0053	15,4292	11,3798
90:10	1.	12,5047	2,0945	14,3743	10,7376
	2.	12,7329	2,0550	14,5729	10,4623
	3.	11,9280	2,0075	13,7203	10,7198
85:15	1.	9,8993	2,0451	11,7309	10,4396
	2.	12,5412	2,0426	14,3742	10,2614
	3.	13,8511	2,0893	15,7232	10,3958
75:25	1.	10,5524	2,0276	12,3842	9,6567
	2.	11,9380	2,0109	13,7592	9,4336
	3.	10,6427	2,0721	12,5181	9,4928

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.5. **Determinación de la fibra cruda**

	Muestra	Núm. de corrida	Peso muestra (g)	Muestra seca (g)	Fibra (g)	% de fibra
Oscura	Tamiz	1.	1,0123	43,1568	42,9573	19,7076
		2.	1,0025	29,7862	29,5898	19,5910
		3.	1,0106	42,6987	42,5098	18,6919
	Residuo	1.	1,0058	30,3685	30,2573	11,0559
		2.	1,0165	43,9875	43,8639	12,1594
		3.	1,0076	30,6584	30,5279	12,9516
Lavada	Tamiz	1.	1,0054	29,9534	29,7505	20,1810
		2.	1,0136	43,1284	42,9192	20,6393
		3.	1,0068	30,1688	29,9658	20,1629
	Residuo	1.	1,0151	42,6845	42,5364	14,5897
		2.	1,0301	45,8875	45,7462	13,7171
		3.	1,0023	29,5861	29,4421	14,3670

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.6. **Determinación de la fibra cruda en las mezclas**

Muestra	Núm. de corrida	Peso muestra (g)	Muestra seca (g)	Fibra (g)	% de fibra
100:0	1.	1,0064	29,7616	29,7610	0,0596
	2.	1,0056	43,3274	43,3268	0,0597
	3.	1,0136	42,5275	42,5269	0,0592
95:5	1.	1,0054	43,3391	43,3245	1,4522
	2.	1,0012	42,7256	42,7111	1,4483
	3.	1,0060	30,0919	30,0775	1,4314
90:10	1.	1,0109	29,5444	29,5297	1,4541
	2.	1,0104	30,2114	30,1969	1,4351
	3.	1,0853	29,5403	29,5199	1,8797
85:15	1.	1,0066	30,0919	30,0719	1,9869
	2.	1,0083	29,5403	29,5211	1,9042
	3.	1,0143	43,5013	43,4851	1,5972
75:25	1.	1,0083	30,0642	30,0513	1,2794
	2.	1,0053	29,7735	29,7692	0,4277
	3.	1,0012	42,7256	42,7111	1,4483

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.7. **Determinación de la proteína en la harina de palmiste**

	Muestra	Núm. de corrida	Peso muestra (g)	Titulante HCl (mL)	% de proteína
Oscura	Tamiz	1.	0,2522	4,1000	15,2206
		2.	0,2530	4,1000	15,1724
		3.	0,2516	4,0000	14,8847
	Residuo	1.	0,2521	3,1000	11,5128
		2.	0,2515	3,1000	11,5403
		3.	0,2524	3,1000	11,4991
Lavada	Tamiz	1.	0,2519	5,0000	18,5838
		2.	0,2556	5,1000	18,6810
		3.	0,2529	5,1000	18,8805
	Residuo	1.	0,2535	4,2000	15,5118
		2.	0,2550	4,1000	15,0534
		3.	0,2542	4,1000	15,1008

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.8. **Determinación de la proteína en las mezclas**

Muestra	Núm. de corrida	Peso muestra (g)	Titulante HCl (mL)	% de proteína
100:0	1.	0,2524	3,4000	12,6119
	2.	0,2510	3,4000	12,6823
	3.	0,2525	3,5000	12,9777
95:5	1.	0,2573	3,6000	13,0995
	2.	0,2568	3,5000	12,7604
	3.	0,2550	3,5000	12,8505
90:10	1.	0,2528	3,6000	13,3327
	2.	0,2565	3,6000	13,1404
	3.	0,2563	3,6000	13,1506
85:15	1.	0,2539	3,8000	14,0124
	2.	0,2570	3,8000	13,8434
	3.	0,2535	3,8000	14,0345
75:25	1.	0,2533	3,9000	14,4152
	2.	0,2537	3,8000	14,0235
	3.	0,2542	3,9000	14,3642

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.9. **Determinación de la grasa cruda en la harina de palmiste**

	Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Grasa + frasco	% de grasa
Oscura	Tamiz	1.	76,4095	5,0315	76,6283	4,3486
		2.	75,0187	5,0566	75,2404	4,3844
		3.	74,7975	5,0056	75,0143	4,3311
	Residuo	1.	76,4095	5,0315	76,6289	4,3605
		2.	75,3298	5,0125	75,5497	4,3870
		3.	76,5735	5,0078	76,7938	4,3991
Lavada	Tamiz	1.	75,4964	2,0416	75,552	2,7234
		2.	76,4626	2,0076	76,5182	2,7695
		3.	76,6365	2,0376	76,6932	2,7827
	Residuo	1.	76,4577	2,0530	76,5162	2,8495
		2.	76,5378	2,0056	76,5931	2,7573
		3.	75,2287	2,0028	75,2856	2,8410

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice E.1.1.10. **Determinación de la grasa cruda en las mezclas**

Muestra	Núm. de corrida	Tara	Peso muestra (g)	Grasa + frasco	% de grasa
100:0	1.	76,4577	5,0455	76,5161	1,1575
	2.	75,0087	5,0460	75,0643	1,1019
	3.	75,2328	5,0378	75,2887	1,1096
95:5	1.	75,2328	2,0252	75,2552	1,1061
	2.	74,9973	2,0207	75,0209	1,1679
	3.	76,4089	2,0260	76,4322	1,1500
90:10	1.	74,3468	2,0678	74,3764	1,4315
	2.	76,4089	2,0928	76,4356	1,2758
	3.	75,2287	2,0928	75,2563	1,3188
85:15	1.	76,4507	5,0371	76,5399	1,7709
	2.	74,9952	5,0361	75,0776	1,6362
	3.	75,0087	5,0355	75,0966	1,7456
75:25	1.	75,4931	5,0313	75,5844	1,8146
	2.	75,2287	5,0352	75,3143	1,7000
	3.	76,4089	5,0352	76,4998	1,8053

Fuente: elaboración propia. Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

E.2. Análisis estadístico

Apéndice E.2.1. Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 2

Análisis nutricional				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	2,00	15,91	7,95	0,00
Fila 2	2,00	21,19	10,60	0,17
Fila 3	2,00	2,95	1,47	0,08
Fila 4	2,00	5,97	2,99	0,01
Fila 5	2,00	34,27	17,13	0,16
Fila 6	2,00	7,35	3,67	0,12
Fila 7	2,00	133,56	66,78	0,95
Fila 8	2,00	136,50	68,25	0,46

Fuente: ecuación 5-11.

Apéndice E.2.2. Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 3

Análisis nutricional				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	2,00	15,85	7,92	0,00
Fila 2	2,00	23,02	11,51	2,92
Fila 3	2,00	3,34	1,67	0,32
Fila 4	2,00	5,94	2,97	0,02
Fila 5	2,00	34,82	17,41	0,63
Fila 6	2,00	7,54	3,77	0,23
Fila 7	2,00	132,50	66,25	2,95
Fila 8	2,00	135,84	67,92	1,33

Fuente: ecuación 5-11

Apéndice E.2.3. **Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 4**

Análisis nutricional				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	2,00	15,61	7,80	0,03
Fila 2	2,00	25,17	12,58	10,40
Fila 3	2,00	3,52	1,76	0,48
Fila 4	2,00	5,86	2,93	0,04
Fila 5	2,00	35,39	17,69	1,43
Fila 6	2,00	7,75	3,87	0,39
Fila 7	2,00	131,88	65,94	4,65
Fila 8	2,00	135,40	67,70	2,13

Fuente: ecuación 5 -11.

Apéndice E.2.4. **Análisis de varianza entre la mezcla 1 y mezcla 5**

Análisis nutricional				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Fila 1	2,00	15,30	7,65	0,14
Fila 2	2,00	34,14	17,07	91,62
Fila 3	2,00	3,58	1,79	0,55
Fila 4	2,00	5,68	2,84	0,11
Fila 5	2,00	36,26	18,13	3,29
Fila 6	2,00	8,35	4,18	1,11
Fila 7	2,00	130,82	65,41	8,45
Fila 8	2,00	134,40	67,20	4,69

Fuente: ecuación 5-11.

F. Fotografías

F.1. Determinación de proteínas

Apéndice F.1.1. Digestión de las muestras



Fuente: Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

Apéndice F.1.2. Determinación de grasas

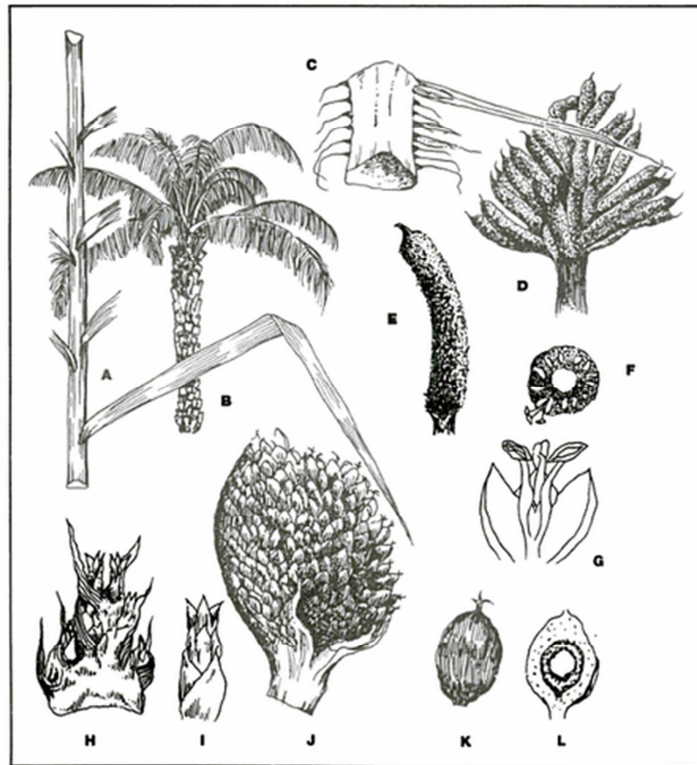


Fuente: Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

ANEXOS

Anexo 1. **Morfología de la palma africana**

Anexo 1.a. **Descripción anatómica de la palma africana**



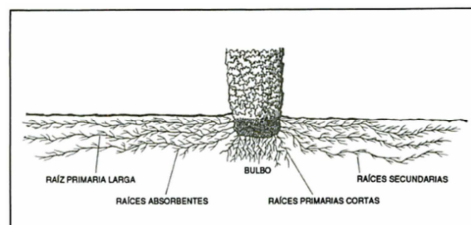
Fuente: ORTIZ VEGA, Rubén Alberto. El cultivo de la palma aceitera. p. 16.

La palma de aceite es un árbol de gran altura que puede medir de 20 a 30 m, con un diámetro aproximado de 50 cm. En la figura anterior se puede observar la descripción anatómica de la palma africana en la cual se encuentra:

- A. Planta de palma africana
- B. Parte del raquis de una hoja
- C. Base del raquis de la hoja
- D. Inflorescencia masculina
- E. Espiga masculina
- F. Corte transversa de una espiga masculina
- G. Corte longitudinal de una flor masculina
- H. Parte de la inflorescencia femenina
- I. Flor femenina
- J. Racimo de frutos
- K. Fruto
- L. Corte longitudinal del fruto

- Raíces: las raíces que son muy numerosas, se encuentran cerca del tronco, estas se mantienen activas a lo largo de todo el ciclo de vida de palma. Las raíces primarias son más cortas que las secundarias y terciarias, que abarcan una mayor extensión de suelo en sentido horizontal. Las raíces laterales son también numerosas; su función es ayudar al sostén de la planta, así como a la de absorción de agua y nutrientes.

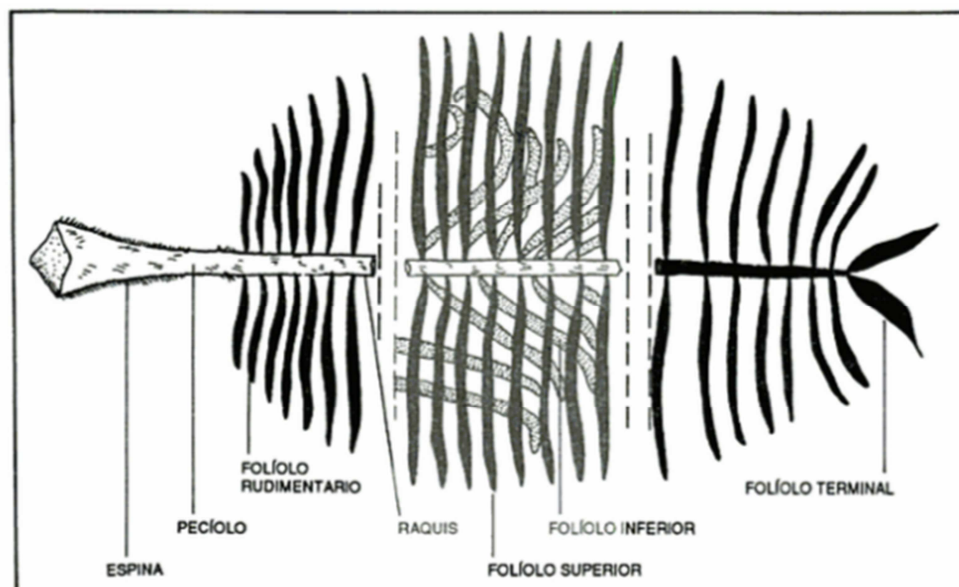
Anexo 1.b. **Esquema de Raíces de la Palma**



Fuente: ORTIZ VEGA, Rubén Alberto. El cultivo de la palma aceitera. p. 17

- Tronco: durante los primeros 3 años el tronco posee una forma de cono invertido, a partir de esa edad empieza a crecer uniformemente; las principales funciones del tronco son:
 - Soporte de hojas e inflorescencias
 - Almacenamiento y transporte de agua y nutrientes
 - Almacenamiento de carbohidratos y minerales
- Hojas: el follaje se forma a partir de los primordios foliares localizados en la parte superior del tronco del que nacen hojas e inflorescencias; el tronco de una palma adulta en condiciones normales posee entre 30 y 40 hojas, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesar entre 5 a 8 kilogramos.

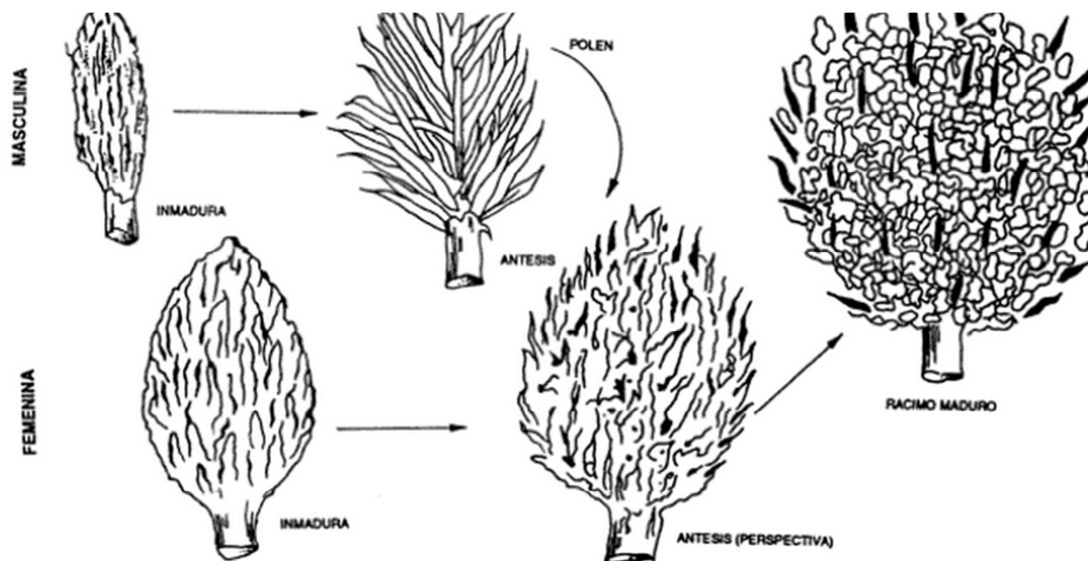
Anexo 1.c. **Esquema de una hoja de palma africana**



Fuente: ORTIZ VEGA, Rubén Alberto. *El cultivo de la palma aceitera*. p. 18.

- Inflorescencias: la palmera es monoica, es decir, que las flores masculinas se desarrollan separadamente de las flores femeninas, pero siempre en la misma planta. Las inflorescencias se forman en las axilas de las hojas. La inflorescencia masculina está constituida por un pedúnculo largo o eje central alrededor del cual se distribuyen cerca de cien espigas; cada espiga alberga alrededor de un millar de flores. La inflorescencia femenina es un racimo globoso, cubierto al principio por dos espatas coriáceas y protegido en la base con 5 a 10 brácteas duras; el racimo es sostenido por un pedúnculo corto y fuerte.

Anexo 1.d. **Inflorescencia de la palma africana**



Fuente: ORTIZ VEGA, Rubén Alberto. El cultivo de la palma aceitera. p. 19

Anexo 2. Procedimiento para los análisis proximales

Anexo 2.a. Determinación de cenizas

El procedimiento general incluye los siguientes pasos:

- Pesar de 5 a 10 g de la muestra en un crisol tarado previamente. Es conveniente secar antes, si la muestra está muy húmeda.
- Colocar los crisoles en la mufla. Utilizar guantes y lentes de seguridad si la mufla está caliente.
- Dejar en la mufla de 12 a 18 horas (o durante la noche) a 550 °C.
- Apagar la mufla y esperar a abrirla hasta que la temperatura haya disminuido hasta por lo menos 250 °C o preferentemente menor. Abrir la puerta cuidadosamente para evitar perder cenizas que pueden volar.
- Transferir rápidamente los crisoles a un desecador con un plato de porcelana y desecante. Cubrir los crisoles, cerrar el desecador y permitir que se enfríen crisoles antes del pesaje.

El contenido de cenizas se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de cenizas (base seca)} = \frac{wt_d - wt_c}{wt_m \times k_{ms}}$$

Donde:

wt_d = peso después de la calcinación

wt_c = peso tara del crisol

wt_m = peso original de la muestra

k_{ms} = coeficiente de la materia seca

El coeficiente de materia seca se calcula:

$$k_{ms} = \frac{\% \text{ sólidos}}{100}$$

Dilución de las cenizas: al crisol frío añadir con pipeta y en la campana 2 mL de HCl concentrado para disolver las cenizas. Evaporar en la campana, enfriar, añadir 1 mL de HCl concentrado y 3,5 mL de agua destilada, con un agitador de vidrio tratar de disolver las cenizas en su totalidad. Pasar cuantitativamente el líquido en un matraz aforado de 50 mL. Volver a lavar el crisol con agua por dos o tres veces más, pasando los líquidos de lavado al matraz y después aforar.

Anexo 2.b. **Determinación de proteínas**

El método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, compromete dos pasos consecutivos:

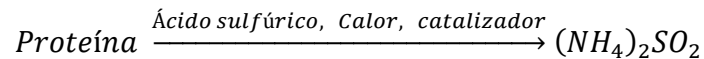
- La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- El registro de la cantidad de amoníaco obtenida de la muestra.

Preparación de la muestra:

La muestra sólida para pasar un tamiz de malla 20. Las muestras para análisis deben ser homogéneas.

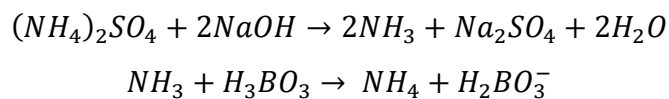
- Digestión: colocar la muestra (exactamente pesada) en un recipiente de Kjeldahl. Agregar ácido y catalizador; digerir hasta que se aclare para obtener degradación total de toda la materia orgánica. El sulfato de

amonio no volátil se forma a partir de la reacción del nitrógeno y el ácido sulfúrico.

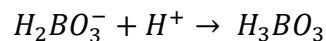


Durante la digestión, el nitrógeno de la proteína es liberada para formar iones amonio; el ácido sulfúrico oxida la materia orgánica y se combina con el amonio formado; el hidrógeno y carbono se convierten en dióxido de carbono y agua.

- Neutralización y destilación: la materia degradada es diluida con agua. Se agrega un álcali de tiosulfato de sodio para neutralizar el ácido sulfúrico. El amoníaco formado es destilado en una solución ácida de boro conteniendo los indicadores azul de metileno y rojo de metilo.



- Titulación: el anión borato (proporcional a la cantidad de nitrógeno) es titulado con HCl estandarizado.



Para el cálculo de proteínas se utilizan las siguientes relaciones y ecuaciones:

$$\text{Moles de HCl} = \text{moles de NH}_3 = \text{moles de N en la muestra}$$

Un blanco de reactivos se debe ejecutar para restar nitrógeno reactivo del nitrógeno de la muestra:

$$\%N = NHCl \times \frac{V_{AC}}{g_m} \times \frac{pm N}{mol} \times 100$$

Donde:

$\% N$ = porcentaje de nitrógeno

$NHCl$ = normalidad de HCl, en mol/1000 mL

V_{AC} = volumen corregido de ácido

g_m = gramos de muestra

$pm N$ = peso molecular de nitrógeno [14g]

El cálculo del volumen corregido de ácido se realiza de la forma siguiente:

$$V_{AC} = (mL \text{ std. } s - ml \text{ std. } b)$$

Donde:

V_{AC} = volumen corregido de ácido

$mL \text{ std. } s$ = mililitros de ácido estandarizado para muestra

$ml \text{ std. } b$ = mililitros de ácido estandarizado para corrida en blanco

Un factor es utilizado para convertir el porcentaje de nitrógeno a porcentaje crudo de proteína. Muchas proteínas contienen 16 % de proteína por tanto, el factor de conversión es 6.25 (100/16 = 6.25).

$$\% \frac{N}{0.16} = \% \text{ proteína} \quad \text{o} \quad \%N \times 6.25 = \% \text{ proteína}$$

Anexo 2.c. **Determinación de grasas.**

Para la determinación de grasas se utilizará el método semicontinuo de extracción con solvente: método Soxhlet (publicado por AOAC). Se describe a continuación el procedimiento a seguir:

- Pesar 2 g de muestra previamente seca y colocar dentro de un dedal previamente seco con porosidad, de manera que permita un flujo rápido de éter etílico;
- Tarar un matraz;
- Colocar éter anhídrido dentro del matraz;
- Montar el sistema: matraz, recipiente Soxhlet y condensador;
- Extraer en el sistema Soxhlet a una razón de 5 o 6 gotas por segundo, por condensación en aproximadamente 4 horas, o por 16 horas a una razón de dos o tres gotas por segundo por calentamiento del solvente en un matraz.
- Secar el matraz con la grasa extraída en un horno a 100 °C por 30 minutos, enfriar en un desecador y pesar.
- Para determinar el porcentaje de grasa en peso seco se utiliza la siguiente ecuación:

$$\%g_{ps} = \frac{g_{gm}}{g_{ms}} \times 100$$

Donde:

$\%g_{ps}$ = grasa en peso seco

g_{gm} = gramos de grasa en la muestra

g_{ms} = gramos de grasa en muestra seca

Anexo 2.d. **Determinación de fibra**

- Pesar 1.0 gramo de la muestra desengrasada y seca;
- Colocar en un vaso Berzelius y adicionar 200 ml de la solución de ácido sulfúrico al 1.25 %;
- Colocar en el extractor de fibra cruda, activando la perilla de calentamiento y abriendo la llave de agua de enfriamiento. Dejar hervir durante 30 minutos;
- Instalar el embudo Buchner con el papel filtro filtrar la solución caliente a través del papel de filtro. Lavar con agua hirviendo varias veces con porciones de 50 ml cada vez, hasta que el agua de lavado no tenga reacción ácida;
- Regresar el residuo con mucho cuidado a su vaso original, conteniendo 200 ml de NaOH al 1,25 %. Colocar en el extractor de fibra cruda, activando la perilla de calentamiento y abriendo la llave de agua de enfriamiento. Dejar hervir durante 30 minutos;
- Filtrar y lavar el residuo con agua hirviendo, hasta la eliminación del hidróxido de sodio en el filtrado, y lavar finalmente con pequeñas porciones de alcohol;
- Colocar el residuo en un crisol Gooch y transferir al horno a 105 °C por 12 horas y enfríe en el desecador;
- Pesar los crisoles con el residuo y colocar en la mufla a 550 °C por 3 horas, dejarlos enfriar en un desecador y pesarlos nuevamente.