



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

**PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA LA
OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS**

Clara Ivonne Soto Franco

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma de Martini

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA LA
OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CLARA IVONNE SOTO FRANCO

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
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:

PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 5 de junio de 2013.


Clara Ivonne Soto Franco



Guatemala, 10 de junio de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.020.2014

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 **071-2013** 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: **Clara Ivonne Soto Franco**.
Identificada con número de carné: **2009-14977**.

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:

PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS

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. Pablo Enrique Morales Paniagua
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 08 de mayo de 2014

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

Ingeniero Monzón:

Me dirijo a usted para comunicarle que he revisado y aprobado el informe final titulado: **PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS**, de la estudiante Clara Ivonne Soto Franco, quien se identifica con el número de carné 200914977.

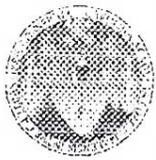
Atentamente,

Inga. Hilda Palma de Martini
Colegiado 453

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453

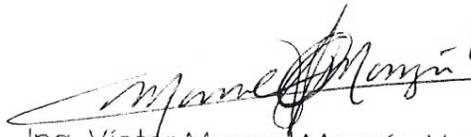
PROGRAMA DE INGENIERÍA
QUÍMICA ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2009 - 2012





Ref.EIQ.TG.181.2014

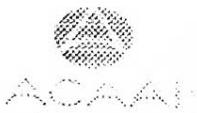
El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **CLARA IVONNE SOTO FRANCO** titulado: "**PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (COCOS NUCIFERA) PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre 2014

Cc: Archivo
VMMV/cle



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 484.2014

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: **PROCESO DE FABRICACIÓN DE HARINA DE COCO (Cocos nucifera) PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN PARA PERSONAS CELÍACAS**, presentado por la estudiante universitaria **Clara Ivonne Soto Franco**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de septiembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía y mi fortaleza, mi compañero de vida.
La Virgen María	Por ser mi consuelo y mi abrigo.
Mis padres	Wendi Franco y Mario Soto. Por ser mis pilares, por su amor y apoyo incondicional.
Mis hermanas	Angie y Debie Soto Franco. Por ser la luz en mi vida y por siempre acompañarme.
Mi abuelo	Juan José Soto Morales (q.e.p.d.), por ser uno de los pilares fundamentales en mi vida y por su amor incondicional.
Mis abuelos	Pedro Franco (q.e.p.d.), Hermencia Morales y Angela Schaw (q.e.p.d). Por sus enseñanzas y amor incondicional.
Mis primos	Por su apoyo y amor fraterno.
Mis tíos	Con mucho cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios durante 5 años.
Ing. Hilda Palma	Por asesorarme y orientarme durante la elaboración de este trabajo de graduación.
Ing. Mario Mérida	Por sus conocimientos transmitidos durante la elaboración experimental de este trabajo.
Diego Milián Izeppi	Por su inmensurable amor, por ser mi apoyo y quien alegra mis días.
Ana Herrera Soto y Julio Carías Alvarado	Por ser mis amigos y compañeros a lo largo de la carrera y por ser un apoyo incondicional.
Mis amigos	Beethoven Monterroso, Rudy Figueroa, Pablo Aldana, Jose Leppe, Lourdes Castillo, Rocío Lira, Leonel Morataya, Edwin Saravia, Erick Orozco, Gabriela Coyoy, Kevin Hernández, Pablo Argote, Nancy Castro, Byron Roldan, Bryan Carrera, Alejandra Peláez, Edgar Morales y Andrés Puac. Que me acompañaron durante estos años, saben que cuentan conmigo siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Descripción y generalidades del coco	3
2.1.1. Descripción botánica	4
2.2. Prueba	4
2.2.1. Clima y suelo	4
2.2.2. Obtención del coco seco	5
2.3. Secado	6
2.3.1. Objetivos del secado	6
2.3.2. Proceso y métodos del secado.....	7
2.3.3. Secadores.....	8
2.3.4. Curvas de secado.....	10
2.4. Molienda.....	11
2.4.1. Características del material	11
2.4.2. Equipo para molienda.....	13
2.5. Tamizado.....	14
2.6. Análisis químico proximal	14

2.6.1.	Humedad.....	15
2.6.2.	Cenizas	15
2.6.3.	Extracto etéreo (grasa cruda).....	15
2.6.4.	Proteína cruda.....	16
2.6.5.	Fibra cruda	16
2.7.	Enfermedad celíaca	16
2.7.1.	Gluten.....	17
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	19
3.1.	Definición operacional de las variables	19
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	21
3.3.	Recursos humanos disponibles	21
3.4.	Recursos materiales disponibles y equipo	21
3.5.	Técnica cuantitativa.....	22
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	25
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	25
3.7.1.	Tablas de tabulación de datos.....	34
3.8.	Análisis estadístico.....	35
3.8.1.	Metodología de cálculo del análisis estadístico.....	36
3.8.1.1.	Cálculo del promedio.....	36
3.8.1.2.	Cálculo de la desviación estándar.....	37
3.8.2.	Boleta para evaluación sensorial.....	38
4.	RESULTADOS.....	39
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
	CONCLUSIONES.....	49

RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	53
APÉNDICES	55
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de flujo de proceso para la fabricación de harina de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	23
2.	Diseño de boleta para evaluación sensorial.....	38
3.	Peso de la muestra de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>) en función del tiempo de secado, primera corrida	39
4.	Peso de la muestra de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>) en función del tiempo de secado, segunda corrida.....	40
5.	Peso de la muestra de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>) en función del tiempo de secado, tercera corrida	40
6.	Peso de la muestra de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>) en función del tiempo de secado, cuarta corrida.....	41
7.	Peso de la muestra de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>) en función del tiempo de secado, quinta corrida.....	41
8.	Valoración del producto de panificación elaborado con harina de la pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>), respecto a la cantidad de personas encuestadas, con base en escala hedónica de nueve puntos	43

TABLAS

I.	Definición operacional de las variables para el proceso de fabricación de harina de coco (<i>Cocos nucifera</i>).....	19
II.	Variables dependientes e independientes involucradas en el estudio ..	20

III.	Datos de operación del secador de bandeja de flujo transversal a 60 °C	34
IV.	Parámetros de caracterización de la harina de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	35
V.	Ingredientes utilizados para la preparación de un producto de panificación para celíacos.	42
VI.	Parámetros de caracterización de la harina de coco (<i>Cocos nucifera</i>), temperatura de secado 60 °C	42
VII.	Promedio de puntaje obtenido por el producto de panificación y su desviación estándar.....	43

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
°C	Grados Celcius
g	Gramo
h	Hora
Hr	Humedad relativa
kg	Kilogramo
m	Metro
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
N	Normal
%	Porcentaje

GLOSARIO

Copra	Pulpa blanca o carcaza del coco.
Deshidratación	Operación unitaria que consiste en remover la máxima cantidad de agua contenido dentro de los tejidos vegetales previamente fijados y endurecidos.
Enfermedad celíaca	Enfermedad del sistema inmune en la que las personas no pueden consumir gluten porque daña su intestino delgado.
Escala hedónica	Prueba basada en el análisis sensorial utilizada para evaluar el grado de aceptación o rechazo de un producto determinado.
Fermentación	Proceso catabólico de oxidación incompleta, anaerobio, dando como producto final un compuesto orgánico.
Fibra cruda	Parte de las plantas que es resistente a la absorción y digestión en el intestino delgado humano.
Gluten	Glucoproteína que se encuentra en las semillas de muchos cereales combinada con el almidón.

Liofilización	Proceso en el cual se congela un producto y luego se introduce a una cámara de vacío para separar el agua del producto por sublimación.
Organoléptico	Características de una sustancia o alimento que se pueden percibir con los sentidos.
Proteínas	Principales compuestos nitrogenados que existen en los alimentos. Formadas por cadenas lineales de aminoácidos.
Tamiz	Malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos huecos cuadrados que sirve para separar productos de diferentes tamaños.

RESUMEN

El presente proyecto de graduación tiene como objetivo obtener harina de la copra de coco (*Cocos nucifera*) y con esta elaborar un producto de panificación para personas celíacas. En el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se llevó a cabo cinco corridas del secado de la pulpa de coco rallada, para lo cual se utilizó un secador de bandejas de flujo transversal con una temperatura constante de 60 grados Celcius. Luego se realizó la trituration y tamizado.

Para cada corrida se logró obtener la curva de secado, peso de la muestra en función del tiempo, para las cinco se registró el mismo comportamiento de la gráfica, en donde se puede observar como el peso de la muestra disminuye con el transcurso del tiempo. El secado duró 5 horas. A la harina se le realizó un análisis químico proximal para determinar su porcentaje de fibra cruda, grasa cruda y proteína cruda. Obteniendo valores sumamente altos de grasa cruda y muy bajos de fibra y proteína.

Una vez fabricada y caracterizada la harina de coco (*Cocos nucifera*), se formuló una mezcla de la harina de coco con otros ingredientes, para la elaboración de un producto de panificación, y para evaluar la aceptación de este producto por los consumidores, se elaboró una prueba sensorial basada en la escala hedónica de nueve puntos, los resultados de esta prueba presentaron un promedio de puntuación de 6,06 lo cual indica que la mayoría atribuye al producto la clasificación de me gusta un poco.

OBJETIVOS

General

Obtener harina de la pulpa de coco para aplicarla en la formulación de un producto de panificación para celíacos.

Específicos

1. Describir el proceso de obtención de harina de coco acorde a las operaciones unitarias involucradas.
2. Definir el equipo a utilizar para la fabricación de la harina de coco.
3. Elaborar la curva de secado de la pulpa de coco; el peso total del sólido húmedo a diferentes tiempos durante el período de secado.
4. Desarrollar un producto de panificación con harina de coco, al cual se le evaluará sus características organolépticas en base a la escala hedónica.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las harinas provenientes de desechos de frutas están siendo estudiadas para que las personas alérgicas al gluten puedan sustituir la harina de trigo por una de estas, el problema de esto, según las investigaciones realizadas, radica en que los productos libres de gluten carecen de algunos nutrientes como vitaminas, hierro y fibra. Estas investigaciones están en auge porque su objetivo principal es encontrar alternativas que posean alto nivel nutritivo.

El coco seco es una materia prima importante para distintos procesos en industrias tales como la alimenticia, donde normalmente se utiliza en galletas, cereales, aceites y dulces; también es utilizado en la industria jabonera, por su contenido de ácidos grasos, y en la elaboración de resinas sintéticas, cauchos, en la industria del papel, entre otras.

El coco tiene un alto valor nutritivo y medicinal que radica en su alto contenido de vitaminas, minerales, fibra, carbohidratos y proteínas, es por esto que últimamente se ha utilizado con más frecuencia en la industria alimenticia y se desarrolló la harina de la pulpa de coco como un alimento libre de gluten el cual está siendo utilizado por celíacos como sustituto de la harina de trigo.

El proceso para la obtención de la harina de coco, consiste básicamente en el deshidratado de la pulpa de coco, la molienda y tamizado del sólido hasta obtener una partícula de 85 *mesh*. Dicho deshidratado se puede realizar por medio de un secador de bandejas de flujo transversal o por secador al vacío.

1. ANTECEDENTES

Para establecer los parámetros del proceso de fabricación de la harina de coco se buscaron referencias de estudios, elaborados anteriormente, en diversas universidades del país, siendo la Biblioteca Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala el lugar en donde se encontró algunos estudios. La página en línea de la Universidad Autónoma de Iztapalapa, México fue la mejor fuente para obtener antecedentes sobre estudios del secado de coco.

En abril de 1993, en el Laboratorio de Diseño y Procesos, de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, se desarrolló el proyecto titulado *Diseño de una planta de secado en lecho fluidizado de coco rallado*; aquí se construyeron las curvas de secado a diferentes temperaturas de bulbo seco (60, 70 y 80°C), utilizando un deshidratador de bandeja y un secador de lecho fluidizado, obteniendo un 3 por ciento de humedad del coco seco. Con base en esto se logró diseñar la planta para secado del coco en lecho fluidizado.

En la misma universidad, en junio de 2004, se realizó el trabajo a nivel licenciatura, de ingeniería química, *Industrialización de la copra de coco*; este trabajo tenía como objetivo general dimensionar una planta industrializadora de la copra de coco obteniendo como producto principal el aceite y como subproducto el coco deshidratado. Entre los objetivos específicos están establecer el tamaño y geometría de partícula más adecuada que permita optimizar los procesos de secado y construir curvas de secado a diferentes temperaturas y tamaños de partícula. Las temperaturas usadas para el secado fueron 50, 60 y 70 grados Celsius.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción y generalidades del coco

El fruto del árbol cocotero, es el comúnmente llamado coco, el árbol tiene un tronco cilíndrico de 45 centímetros de diámetro aproximadamente, y dependiendo de la especie, hasta 30 metros de altura, marcado por anillos que señalan la posición de las hojas que ha perdido. En el extremo superior se encuentran las hojas curvadas en forma de arco que llegan a tener de 3,9 a 6,2 metros de longitud. El fruto cuelga en racimos de 10 a 20 unidades y cada árbol puede tener, dependiendo de la época, unos 10 racimos. El cocotero se encuentra distribuido en regiones tropicales, es una de las plantas que proporciona una mayor diversidad de productos, pues es fuente de alimento, bebida y de abrigo.

El coco maduro tiene la forma de un ovoide, puede pesar hasta 2,5 kilogramos, sus partes son:

- Exocarpo: cáscara fibrosa de 4 a 5 centímetros de espesor que envuelve una cáscara dura.
- Endocarpo: cáscara dura de 5 milímetros de espesor envuelta por el exocarpo.
- Mesocarpo: capa intermedia fina, lisa, menor a 1 milímetro de espesor y dentro de esta hay una pulpa blanca oleaginosa.

El coco, en su cavidad central, contiene un líquido dulce denominado agua de coco.

2.1.1. Descripción botánica

Es una rama de la biología y es la ciencia que se ocupa del estudio de las plantas bajo todos sus aspectos, lo cual incluye su descripción, clasificación, distribución, identificación, el estudio de su reproducción, fisiología, morfología, relaciones recíprocas, relaciones con los otros seres vivos.

2.2. Prueba

El cocotero (*Cocos nucifera*) es una especie de palmeras de la familia *Arecaceae*, su origen se desconoce, algunos botánicos consideran que es de origen asiático y otros del Caribe. Los cocoteros se han expandido a través de muchas de las zonas tropicales del mundo, ayudado mayormente por el factor humano, aunque algunos cocos son arrastrados por las corrientes marítimas hacia muchas partes del mundo. Su clasificación botánica es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Fanerógama, Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Arecales
- Familia: Arecaceae
- Subfamilia: Cocoideae
- Género: Cocos
- Especie: *Cocos nucifera*

2.2.1. Clima y suelo

Las áreas de distribución natural e introducida del cocotero se caracterizan por tener un clima tropical cálido y muy húmedo con una temperatura anual

promedio de entre 27 y 35 grados Celcius, aunque, si existe suficiente humedad en el suelo para contrarrestar el efecto de las altas tasas de transpiración en el coco, un clima moderadamente seco es preferible a uno muy húmedo.

El suelo en donde el cocotero crece mejor es a lo largo de costas tropicales y subtropicales, en las márgenes de ríos, en planicies aluviales costeras y en la base de colinas con flujo de aguas subterráneas. Para un crecimiento óptimo se requiere de margas (roca sedimentaria compuesta de calcita y arcillas) arenosas bien drenadas y profundas, con alto contenido de materia orgánica; una característica importante del cocotero es que tolera inundaciones de agua salada, por períodos cortos de tiempo, sin efectos sobre su crecimiento.

2.2.2. Obtención del coco seco

El coco seco es un producto con una amplia utilización en la industria alimenticia, por lo tanto es imprescindible tener conocimiento del procedimiento a seguir para la elaboración de dicho producto, tomando como parte primordial la preparación de la materia prima y la deshidratación de la misma. A continuación se mencionan los pasos a seguir.

- Recepción del coco entero.
- Se guarda en la bodega de materias primas, no por más de tres días.
- Se traslada a la planta y se inicia el descascaramiento, o hachamiento (debido al uso del hacha para partirlo). También se puede hacer el descascaramiento con sierras de cinta eléctricas.
- La pulpa del coco se retira manualmente, mediante el uso de una cuchara grande especial para separar la pulpa del coco. El agua se desecha o, al igual que la cáscara se empaca para después ser vendida.

- La pulpa blanca, es lavada en agua clorada. La inspección de la materia dañada y/o materia decolorada, toma lugar aquí. Estos pedazos son retirados.
- Se procede a hacer un lavado con propionato de calcio. El propionato es un preservativo para alimentos, combate las bacterias y la formación de moho.
- La desintegración de la pulpa lavada se hace por un molido de rozamiento. Para obtener el tamaño de la partícula de coco que varía de 5,00 milímetros a 1,00 milímetro, se requiere el uso de diferentes máquinas cortadoras.
- La pulpa lavada y rallada se seca; generalmente se usan secadores de bandejas por lotes, o de bandejas movibles. El producto es secado a un contenido de humedad de aproximadamente 2,5 por ciento.
- El coco seco se enfría.
- Por último se realiza el tamizado para tener el tamaño deseado de partícula, alrededor de los 200 *mesh* (tamaño para harina).

2.3. Secado

Se ha utilizado como un método de conservación de alimentos, ya que al extraer el agua de estos se inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. El agua suele eliminarse por evaporación.

2.3.1. Objetivos del secado

El secado tiene como objetivo principal la separación de pequeñas cantidades de agua en forma de vapor de un sólido, utilizando aire caliente. Hay otros métodos más económicos para eliminación de agua de los sólidos, como

lo son los medios mecánicos, prensado, centrifugado, entre otros. Estos se pueden aplicar previo al secado para ahorrar energía.

Otro objetivo del secado es la preservación de alimentos, dado que en ausencia de agua los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse.

Otra finalidad del secado de alimentos es la preservación de sabor y nutrientes de los mismos.

2.3.2. Proceso y métodos del secado

El proceso de secado puede ser muy sencillo o complejo según lo demande la sustancia a secar, se deben tomar en cuenta sus características para evaluar cuál será el método a utilizar. Según las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua, los procesos de secado pueden clasificarse como sigue:

- Calor añadido por contacto directo con el aire caliente a presión atmosférica y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire.
- Secado al vacío, el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación y, la evaporación de agua se verifica con mayor rapidez a presiones bajas.
- Liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado.

Los procesos de secado se pueden dar por lotes o en continuo. Cuando se trabaja por lotes el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un período. En el proceso en continuo el material es añadido sin interrupción y se obtiene material seco con régimen continuo.

2.3.3. Secadores

No existe una forma sencilla de clasificar el equipo de secado. Algunos secaderos son continuos, otros operan por cargas; unos mantienen agitado el sólido y otros no; unos pueden operar a vacío. Hay secaderos que pueden operar con cualquier tipo de material mientras que otros son específicos para un sólido.

Los equipos de secado pueden clasificarse en: secaderos directos, en los que el sólido se encuentra directamente expuesto a un gas caliente (generalmente aire); y secaderos indirectos, en los que el calor es transmitido al sólido desde un medio externo tal como vapor de agua, generalmente a través de una superficie metálica con la que el sólido está en contacto.

El equipo a utilizar para secado se elige según las cualidades del producto a secar y también las características del producto final.

- Secador de bandejas

Sobre la bandeja de metal se esparce uniformemente el sólido en terrones o en forma de pasta de 10 a 100 milímetros de profundidad. Un típico secador de bandejas tiene bandejas para su carga y descarga en un gabinete.

Un ventilador recircula aire caliente sobre la superficie de las bandejas. También se utiliza calor eléctrico, principalmente cuando el calentamiento es bajo. Aproximadamente del 10 al 20 por ciento del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo, y el resto es aire recirculado.

Posterior al secado, se abre el gabinete y las bandejas se reemplazan por otras con más material por secar. Una de las modificaciones de este tipo de secador es el de las bandejas con carretillas. En los cuales hay un considerable ahorro de tiempo, puesto que las carretillas pueden cargarse y descargarse con bandejas fuera del secador.

Hay bandejas cuyo fondo es un tamiz utilizadas para materiales granulares. Al utilizar este tipo de bandejas existe mayor área superficial expuesta al aire, por lo tanto se obtienen tiempos de secado más cortos.

- Secador al vacío

Se calienta indirectamente y son del tipo por lotes. El sistema es hermético, de tal manera que se pueda operar al vacío y el calor se conduce a través de las paredes metálicas y por radiación entre los anaqueles. Para operaciones a temperaturas bajas, se usa circulación de agua en lugar de vapor para suministrar el calor que vaporiza la humedad.

- Secadores continuos de túnel

Suelen ser compartimentos de carretillas que operan en serie. Las carretillas, las cuales contienen las bandejas con el sólido a secar, se desplazan continuamente por un túnel con gases calientes que pasan sobre la superficie

de cada bandeja. El flujo de aire caliente puede ser a contracorriente, en paralelo, o una combinación de ambos.

Los sólidos granulares húmedos se colocan formando una capa que tiene entre 25 y 150 milímetros de profundidad, sobre una bandeja de tamiz o perforada a través de la cual se fuerza el paso de aire caliente. En este tipo de secador hay un ventilador que extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera.

- Secador rotatorio

Consta de un cilindro hueco que gira sobre su eje, con una ligera inclinación hacia la salida. Los sólidos granulares húmedos se alimentan por la parte superior y se desplazan por el cilindro a medida que este gira. El secado se lleva a cabo por contacto directo con gases calientes mediante un flujo a contracorriente. En algunos casos, el secado es por contacto indirecto a través de la pared calentada del cilindro.

2.3.4. Curvas de secado

La información cinética más básica y esencial en secado son las curvas de secado. Estas se ven afectadas por las propiedades del material a secar y las condiciones de secado.

Las curvas de velocidad de secado se obtienen experimentalmente elaborando un secado por lotes, la curva más representativa es la que expresa el peso total del sólido húmedo a diferentes tiempos durante el período de secado.

2.4. Molienda

Operación unitaria basada en la pulverización y dispersión del material sólido. La molienda reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida, fraccionando la muestra por medios mecánicos hasta el tamaño deseado.

2.4.1. Características del material

Se debe tomar en cuenta que para tener un secado eficiente hay ciertos factores en cuanto a características físicas del material, como a continuación se describen los efectos que tienen las características de un sólido de tamaño de partícula pequeña.

- Efecto de la morfología del sólido

Generalmente los sólidos cristalinos son más duros y abrasivos, pero su fragmentación es más regular y dan fases salientes más homogéneas. Los amorfos dan fases heterogéneas y si son fibrosos o pegajosos traban los equipos.

- Efecto del tamaño de la partícula en la entrada

Es importante que al momento de entrar a molienda el tamaño de los sólidos sea homogéneo para evitar pérdidas de energía, sobretodo en molienda de polvos finos. En general, moler sólidos grandes es más fácil que moler sólidos finos; los finos consumen mucha más energía por unidad de masa procesada.

- Efecto de la dureza y friabilidad

Un sólido duro consume más energía que uno friable al momento de la moliendo, pero un friable presenta el inconveniente de pasarse del tamaño reducido deseable, se hace pequeño y acaba volviéndose fino, con derroche energético innecesario.

- Efecto de la higroscopicidad

La mayoría de casos, el que un sólido sea higroscópico afecta, ya que el sólido va perdiendo su tendencia a fluir. Cuando están exageradamente humedecidos, pueden formar lodos, siendo esto deseable bajo ciertas condiciones y otras veces no.

- Efectos de la termolabilidad

Dado el frotamiento que se presenta en la molienda hay mucha liberación de calor y este puede elevar la temperatura del sólido arriba de su índice de seguridad termolábil, arruinándolo. Incluso, si el molino no tiene un adecuado ventilador enchaquetado de enfriamiento y hay formación de chispas, algunos sólidos pueden explotar.

- Efecto de la electrostatividad

Al frotarse en un solo sentido se genera estática y esta carga eléctrica puede generar chispazos, que de estarse trabajando con polvos en suspensión y en un ambiente muy seco, pueden provocarse explosiones.

2.4.2. Equipo para molienda

La maquinaria utilizada para la molienda se elige según las propiedades de cada alimento. El equipo más adecuado es aquel que no lo degrade, es decir que no provoque la pérdida de sus propiedades.

Algunos equipos son:

- Molino de discos o pulverizador

El sólido avanza en un ducto por acción de un tornillo sin fin y llega a un punto donde se proyecta radialmente hacia afuera, entre dos discos, los 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 centímetro o menos y pueden producir hasta polvos de 200 *mesh*. Producen un polvo muy homogéneo y pueden llegar a reducir veinte veces el tamaño de entrada de la partícula.

- Molino de martillos

Es el más versátil, y el que tiene el más amplio rango de razón de reducción de tamaño, dado que puede trabajar como quebrantador primario para partículas gruesas hasta recibir partículas finas, de pocos milímetros, logrando reducciones hasta partículas muy finas o intermedias. Reduce hasta quince veces el tamaño de partícula de alimentación. Se utiliza para sólidos no muy abrasivos y preferiblemente friables.

- Molino de rodillos

Típicos de las industrias harineras, se trabajan en series de hasta 5 y 7 unidades sucesivas, cada cual más estrecha, logrando producir hasta un *mesh* 200. Estos molinos reciben partículas de tamaño grano (10 a 1 milímetro) y las reducen hasta 4 veces el tamaño de alimentación.

2.5. Tamizado

En el tamizado se realiza una separación de tamaño o forma de uno o más sólidos. La separación mide la partícula y al mismo tiempo la separa acorde a su tamaño por lo que se da una clasificación. Existen tamices planos, fijos o vibrantes, algunos con grandes cedazos cilíndricos que estando inclinados rotan, y que en lugar de tener una pila de tamices de mayor a menor tienen una variedad de secciones en serie, de diferente tamaño de apertura de malla (*mesh*).

Por su simplicidad y versatilidad, el equipo generalmente utilizado para tamizado de harinas es el separador de tamices.

2.6. Análisis químico proximal

Se basa en los principios de la fisicoquímica, química orgánica, biología y química analítica, para obtener cuantitativamente el valor nutricional de un alimento o materia prima que se involucrará en la formulación de un futuro producto alimenticio.

2.6.1. Humedad

Es necesario controlar la humedad de un alimento preparado, ya que niveles superiores al 8 por ciento favorecen la presencia de insectos y arriba de 14 por ciento, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. En este caso la humedad del coco seco se mide según la pérdida de peso del sólido después del secado. Y la del coco fresco se mide con una termobalanza.

2.6.2. Cenizas

El método se emplea para determinar el contenido de ceniza en los alimentos o sus ingredientes mediante la calcinación. Se considera como el contenido de minerales totales o material inorgánico que queda luego de calcinar la muestra.

2.6.3. Extracto etéreo (grasa cruda)

En el análisis de extracto etéreo se incluyen las sustancias que son insolubles en agua, pero solubles en éter, etanol, entre otros. Dentro de estas sustancias se encuentran: las grasas, glicolípidos, fosfolípidos, terpenos, esteroides, aceites y ceras esenciales. En la determinación del porcentaje de extracto etéreo, se desconocen las proporciones de cada una de las sustancias anteriormente mencionadas. Sin embargo, en el caso de granos y otras semillas casi todo el extracto etéreo está constituido de grasa. Desde el punto de vista nutricional, la cuantificación del extracto etéreo, proporciona, en general, el porcentaje del valor energético del alimento. Para esto se utiliza un equipo de extracción Soxhlet.

2.6.4. Proteína cruda

Las proteínas son los nutrientes más importantes en la dieta del ser humano; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando.

Para analizar el contenido de proteína total de una muestra se utiliza el método de Kjeldahl, este evalúa el contenido de nitrógeno orgánico total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

2.6.5. Fibra cruda

Método que permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación indica la cantidad de fibra presente.

2.7. Enfermedad celíaca

La enfermedad celíaca (EC) es de naturaleza autoinmune, afecta a personas genéticamente predisuestas, y es inducida por la ingesta de gluten.

Los síntomas más frecuentes son el dolor abdominal (tipo cólico), acompañado de hinchazón, mala digestión, reflujo gastro-esofágico, y alteración del hábito intestinal que oscila desde la diarrea hasta el estreñimiento. Todos estos síntomas pueden estar acompañados síntomas de anemia y trastornos del carácter con frecuente irritabilidad, cefaleas y depresión, entre otros.

Hasta la fecha el único tratamiento disponible consiste en la dieta sin gluten que debe ser mantenida de forma estricta, aunque los estudios siguen en desarrollo para hallar alguna cura u otro tratamiento.

Es actualmente considerada no solo como una enfermedad digestiva, sino también sistémica. En las últimas décadas la epidemiología de la enfermedad celíaca ha sido replanteada completamente; antiguamente se consideraba como un trastorno extraño y se suponía que afectaba mayormente a individuos de origen europeo. Pero los estudios han demostrado recientemente que la enfermedad es uno de los trastornos crónicos más comunes que afectan a los habitantes de todo el mundo.

La enfermedad celíaca contribuye sustancialmente a la morbilidad y mortalidad infantil en muchos países en desarrollo. Alrededor del 1 al 2 por ciento de la población a nivel mundial sufre de esta enfermedad.

2.7.1. Gluten

El gluten es una proteína de bajo valor nutritivo, principal componente del trigo, centeno, cebada y avena, cuyo uso se masificó debido a su capacidad de retener aire en la matriz proteica, facilitando que la masa se adhiera mejor, fenómeno que favorece la elaboración del pan.

La fracción del gluten, soluble en alcohol, que contiene la mayor parte de componentes tóxicos para los celíacos son las gliadinas.

La ingesta promedio diaria de gluten en población no celíaca es 10 a 20 gramos; por el contrario, en los celíacos una dosis sobre 1 gramo diario produce daño severo en la mucosa intestinal.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Definición operacional de las variables

A partir de la revisión de trabajos de graduación de universidades de otros países se determinará los factores influyentes en las propiedades del producto final, las variables de entrada a modificar para medir el efecto sobre los resultados y los factores que se mantendrán constantes.

Tabla I. **Definición operacional de las variables para el proceso de fabricación de harina de coco (*Cocos nucifera*)**

No.	Variable	Fórmula Química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No Controlables
Análisis del proceso para la fabricación de harina de coco						
1.	Deshidratación por un Secador de Bandejas de Flujo Transversal	—	X		X	
Análisis de la caracterización química						
1.	Humedad	(%)		X		X
2.	Cenizas	(%)		X		X
3.	Grasa Cruda	(%)		X		X
4.	Proteínas	(%)		X		X
5.	Fibra	(%)		X		X
6.	Extracto libre de nitrógeno	(%)		X		X

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Variables dependientes e independientes involucradas en el estudio**

No.	VARIABLE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE
1.	Humedad de la harina de coco	(%)	Determinación la cantidad de humedad. (Análisis proximal)	X	
2.	Cenizas en la harina de coco	(%)	Determinación del porcentaje de contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra. (Análisis proximal)	X	
3.	Grasa cruda de la harina de coco	(%)	Determinación de grasa cruda o extracto etéreo. (Análisis proximal)	X	
4.	Proteína de la harina de coco	(%)	Determinación del porcentaje de proteína contenida en el coco. (Análisis proximal)	X	
5.	Fibra de la harina de coco	(%)	Determinación del porcentaje de fibra contenida. (Análisis proximal)	X	
6.	Extracto libre de nitrógeno	(%)	Determinación de carbohidratos asimilables. (Análisis proximal)	X	
7.	Temperatura	°C	Temperatura de secado.		X
8.	Tiempo	Minutos	Tiempo requerido para el secado.		X
9.	Humedad relativa	%Hr	Contenido de humedad que posee el ambiente.		X

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El estudio se limitó a la extracción, secado, molienda y tamizado de la pulpa de coco (*Cocos nucifera*), con el fin de obtener harina para la fabricación de un producto alimenticio para personas con enfermedad celíaca y lograr la medición de aceptación del mismo mediante una prueba sensorial

- Industria: alimenticia.
- Proceso: secado de carne de coco para obtención de harina.
- Clima: la ciudad de Guatemala se encuentra con 68 por ciento de humedad relativa y aproximadamente 24 Celsius

3.3. Recursos humanos disponibles

Los recursos humanos son todas aquellas personas que participan directamente en la ejecución, elaboración, supervisión y revisión del estudio a nivel de trabajo de graduación.

- Desarrollo del proyecto: Clara Ivonne Soto Franco
- Asesora: Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
- Revisor: Ing. Pablo Morales

3.4. Recursos materiales disponibles y equipo

Se utilizaron los materiales, reactivos y equipos prestados por el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

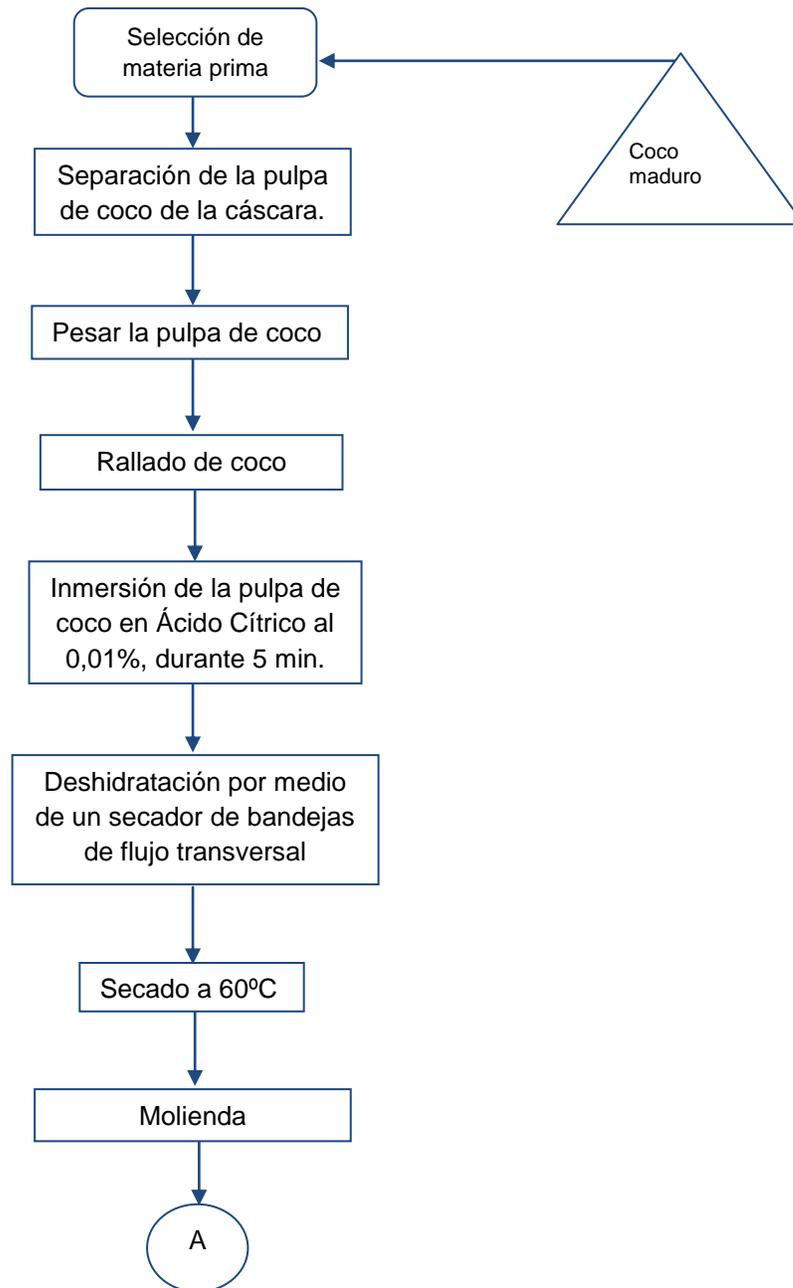
- Coco (*Cocos nucifera*)
- Agua destilada
- Ácido cítrico
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Sulfato de potasio
- Granallas de zinc
- Alcohol etílico
- Rojo de metilo
- Ácido sulfúrico
- Eter anhidro
- Cuchara (separación de carne de coco de la cáscara)
- Cortador
- Secador de bandejas de flujo transversal
- Molino de martillo
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Aparato de vibración para tamices.
- Equipo de extracción Soxhlet

3.5. Técnica cuantitativa

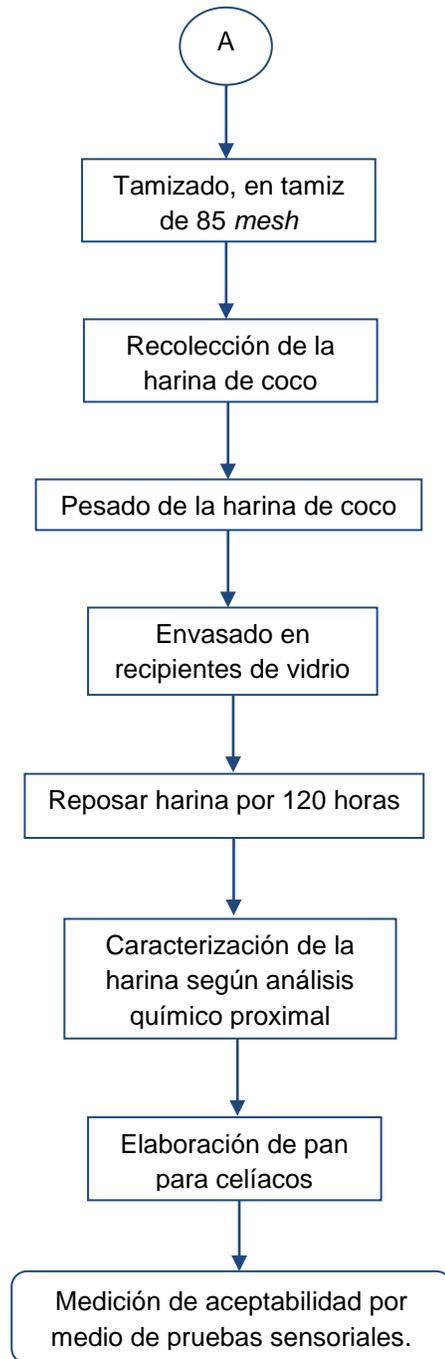
La técnica cuantitativa describe parámetros medibles o cuantificables. La investigación a nivel de trabajo de graduación será de carácter cuantitativo, experimental y medirá calidad del producto final mediante aceptación por medio del consumidor.

A continuación se detalla el procedimiento experimental.

Figura 1. **Diagrama de flujo de proceso para la fabricación de harina de coco (*Cocos nucifera*)**



Continuación de la figura 1.



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

En este estudio se obtendrá harina a partir del secado de la pulpa del coco (*Cocos nucifera*) en un secador de bandejas de flujo transversal. Y a la misma se le realizará un análisis químico proximal, en el cual se detallará el porcentaje de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda y fibra cruda.

El procesamiento del coco se dividirá principalmente en 5 partes:

- Rallado de la pulpa de coco
- Secado de la pulpa de coco
- Molienda de coco seco
- Tamizado de coco seco
- Caracterización de la harina de coco

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Se enumeran y describen los procedimientos para el desarrollo de los análisis practicados a la harina de coco (*Cocos nucifera*), mencionando los diferentes materiales e instrumentos utilizados para llevar a cabo dichos análisis.

- Procedimiento para la determinación del contenido de humedad
 - El pesa-filtros y su tapadera se calientan a 130 ± 3 grados Celsius durante 30 minutos aproximadamente, se enfría en el desecador y se pesa.
 - En él pesa-filtros se pesan 2 gramos de la muestra de harina y se coloca destapado en la estufa, así como la tapadera del mismo.

- Se lleva la temperatura de la estufa a 130 ± 3 grados Celsius manteniéndola a dicha temperatura durante una hora.
- Antes de sacar el pesa-filtro de la estufa, se le coloca la tapadera, y es trasladado a desecador y se pesa tan pronto como haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Se calienta de nuevo el pesa-filtro conteniendo la muestra, durante media hora, se deja enfriar en el desecador y se pesan. Se repite ese proceso hasta que la diferencia de masa entre dos pesadas sucesivas sea menor de 0,001 gramos.
- Esta determinación debe efectuarse en duplicado.

- Material y equipo
 - Pesa-filtro con tapadera
 - Balanza analítica de precisión que aprecie 0,1 miligramo
 - Estufa, con regulador de temperatura
 - Desecador, con cloruro de calcio anhidro

- Procedimiento para la determinación del contenido de cenizas en la harina
 - La cápsula de porcelana vacía se incinera en el horno de mufla a unos 550 grados Celsius, se transfiere el desecador y se pesa tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
 - En la cápsula previamente tarada como se indicó, se pesan de 3 a 5 gramos de la muestra de harina de coco y se coloca en el horno.
 - Se lleva la temperatura del horno a 550 grados Celsius hasta obtener cenizas de un color gris claro. No deben fundirse las cenizas.

- Se saca del horno la cápsula con la muestra, se transfiere al desecador y se pesa tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Material y equipo
 - Balanza analítica de precisión, que aprecie 0,1 miligramo
 - Cápsula de porcelana
 - Horno de mufla, con regulador de temperatura
 - Desecador, con óxido de calcio recientemente calcinado; también se puede usar cloruro de calcio anhidro
 - Pinza, para crisol
- Procedimiento para la determinación del contenido de proteína
 - Se pesan de 0,7 a 2,2 gramos de la harina y se transfieren a un matraz kjeldahl.
 - Se agregan al matraz conteniendo la muestra, 0,7 gramos. de óxido mercuríco o 45 gramos de mercurio metálico, 15 gramos de sulfato de potasio en polvo o de sulfato de sodio anhidro, 25 mililitros de ácido sulfúrico concentrado y un trocito de parafina. El agregado de esta última tiene por objeto reducir la formación de espuma durante la digestión.
 - Se lleva a cabo la digestión, empleando un dispositivo apropiado para remover los papeles, colocando en posición inclinada el matraz en el hornillo del aparato de Kjeldahl; se calienta suavemente al principio, hasta que ya no se observe formación de espuma, después se lleva a fuerte ebullición hasta que el contenido del matraz se presente cristalino e incoloro y se continúa el calentamiento durante 2 horas.

- Se deja enfriar, se agregan aproximadamente 200 centímetros cúbicos de agua destilada, se enfría por debajo de 25 grados Celsius, se agregan 25 centímetros cúbicos de la solución de sulfuro o tiosulfato y se mezclan para precipitar el mercurio.
- Se agregan unas pocas granallas de zinc para evitar la ebullición en forma brusca.
- Resbalándola por las paredes del matraz, mantenido en posición inclinada y sin agitación, con el fin de que se formen dos capas, se agregan con cuidado 50 centímetros cúbicos de la solución concentrada de hidróxido de sodio, o una cantidad mayor, si fuera necesario, para alcanzar fuerte alcalinidad en el contenido del matraz.
- Inmediatamente se conecta el matraz de Kjeldahl al condensador por medio de una alargadera. El extremo de salida del condensador debe estar sumergido en 50 mililitros de la solución 0,1 normal de ácido sulfúrico contenida en un erlenmeyer de 500 mililitros de capacidad, a la cual se le han agregado de 5 a 7 gotas del indicador de rojo de metilo.
- Se le da al matraz un movimiento de rotación para mezclar completamente su contenido y luego se calienta. Se destila hasta que todo el NH_3 haya pasado a la solución ácida contenida en el erlenmeyer, lo cual se logra después de destilar por lo menos unos 150 mililitros.
- Antes de retirar el erlenmeyer se lava con agua destilada el extremo del condensador y se titula el exceso de ácido en el erlenmeyer con la solución 0.1 normal de hidróxido de sodio.
- Se debe hacer un ensayo en blanco con todos los reactivos, sin la muestra, siguiendo todo el procedimiento operatorio descrito.

- Material y equipo
 - Balanza analítica
 - Matraz Kjeldahl, de 1000 mililitros
 - Probeta, de 50 y 200 mililitros
 - Aparato completo de Kjeldahl, para la digestión y destilación
 - Pipeta, de 50 mililitros
 - Erlenmeyer, de 500 mililitros
 - Bureta, de 50 mililitros

- Reactivos
 - Óxido mercuríco (HgO)
 - Sulfato de potasio (K₂SO₄), o sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄)
 - Ácido sulfúrico concentrado, de 93 por ciento.
 - Solución de sulfuro alcalino o tiosulfato alcalino
 - Granallas de zinc
 - Solución concentrada de hidróxido de sodio
 - Indicador de rojo de metilo
 - Solución 0,1 normal de ácido sulfúrico
 - Solución 0,1 de hidróxido de sodio

- Procedimiento para la determinación del contenido de fibra cruda
 - Se mezcla bien la muestra de harina para homogeneizarla. Se pesan de 3 a 4 gramos de la muestra en un dedal de porosidad adecuada, se tapa con algodón, se coloca en la estufa y se lleva a una temperatura de 130 ± 2 grados Celsius durante 1 hora.
 - Inmediatamente se transfiere el dedal conteniendo la muestra a un desecador y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

- Se coloca en el equipo Soxhlet y se lleva a cabo la extracción de la grasa, con una cantidad suficiente de éter anhidro, durante 4 horas si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo, o durante 16 horas si dicha velocidad es de 2 a 3 gotas por segundo.
 - Al final de este tiempo se saca el dedal con la muestra desengrasada, se deja al ambiente para que se evapore el solvente, se coloca en la estufa y se lleva a una temperatura de 100 grados Celsius durante 2 horas Se traslada al desecador y se deja enfriar a temperatura ambiente.
 - Se pesan con exactitud aproximadamente 2 gramos de la muestra desengrasada y seca, y se transfiere a un vaso de precipitados de 600 mililitros. evitando la contaminación con fibras procedentes del dedal.
 - Se agrega al vaso de precipitados aproximadamente 1 gramo de asbesto preparado, 200 mililitros de solución hirviendo de ácido sulfúrico 0,255 normal, 1 gota de antiespumante diluido y alúndum granulado o perlas de vidrio. Un exceso de antiespumante puede dar resultados altos, por lo que se debe usar solamente si es necesario.
 - Se coloca el vaso de precipitados en el aparato de digestión, se deja hervir durante 30 minutos, girando el vaso de precipitados periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes. Se retira el vaso de precipitados y se filtra.
- Material y equipo
 - Balanza analítica, que aprecie 0,1 miligramo
 - Estufas, con regulador de temperatura
 - Desecador, con sulfato de calcio anhidro

- Aparato Soxhlet
- Aparato de digestión
- Embudo Buchner
- Erlenmeyer
- Filtro de succión
- Pipeta volumétrica
- Horno de Mufla, con control termostático de temperatura

- Reactivos
 - Eter Anhidro
 - Solución 0,255 N de ácido sulfúrico
 - Solución 0,313 N de hidróxido de sodio.
 - Asbesto preparado
 - Alcohol etílico al 95 por ciento
 - Antiespumante
 - Perlas de vidrio

- Procedimiento para la determinación del contenido de grasa cruda
 - El balón del aparato de Soxhlet se seca en una estufa a 100 ± 2 Celsius durante 1 hora. Al final de este período se transfiere a un desecador y se pesa cuando haya alcanzado la temperatura ambiente.
 - En un dedal de Soxhlet de porosidad adecuada, se pesan con exactitud, aproximadamente 2,35 gramos de la muestra de harina, 2 gramos de arena seca, se mezcla con la espátula limpiando ésta al final con el pincel, se tapa el dedal con un algodón, se coloca en la estufa, en un vaso de precipitados, y se lleva a una temperatura de 130 ± 3 grados Celsius durante 1 hora.

- Se transfiere al vaso de precipitados con el dedal, conteniendo la muestra seca, a un desecador y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.
 - El dedal conteniendo la muestra se coloca en el aparato de Soxhlet, se agrega suficiente cantidad de éter anhidro, parte del cual se emplea, si fuera necesario, para lavar las paredes del vaso donde se colocó el dedal para el secamiento de la muestra; este éter de lavado se incorpora al Soxhlet. Luego se lleva a cabo la extracción durante 4 horas si la velocidad de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo, o durante 16 horas, si dicha velocidad es de 2 a 3 gotas por segundo.
 - Al final del tiempo indicado se saca el dedal con la muestra, se evapora el éter que contiene el balón del aparato de Soxhlet, recuperando dicho solvente, y se termina la evaporación en baño de María.
 - Se retira el balón del baño de María y se limpia su superficie exterior para eliminar sustancias extrañas que pudieran haberse adherido al mismo.
 - El balón conteniendo la grasa se coloca en la estufa y se lleva a una temperatura de 100 ± 2 grados Celsius durante 30 minutos.
 - Se saca de la estufa, se traslada a un desecador y se pesa en cuanto haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Material y equipo
 - Balanza analítica, que aprecie 0,1 miligramos
 - Espátula
 - Pincel de pelo de camello
 - Vaso de precipitados
 - Estufa

- Desecador, con cloruro de calcio anhidro
- Aparato Soxhlet
- Baño de María

- Reactivos
 - Eter anhidro
 - Arena purificada con ácido y calcinada

- Procedimiento para la elaboración del producto de panificación para celíacos
 - Mezclar todos los ingredientes secos.
 - Sobre una mesa, formar una corona con los ingredientes mezclados, y en el centro colocar levadura desgranada con las manos, el aceite, los huevos, y una cantidad moderada de agua tibia.
 - Ir incorporando poco a poco con un tenedor los ingredientes secos, hasta que sea necesario utilizar las manos para amasar.
 - Disponer esta masa en dos moldes para pan de rodaja y llevar a horno precalentado a 170 grados Celsius durante 30 minutos aproximadamente, hasta que se torne de color dorado.
 - Para verificar la cocción se puede pinchar con un cuchillo cuando se vea dorado, éste tendrá que salir seco, señal de que ya está listo.
 - Desmoldar.

- Material y equipo
 - 0,7 kilogramos de harina de coco
 - 0,4 kilogramos de fécula de maíz
 - 6 huevos

- 1 cucharada de polvo para hornear
- 4 cucharadas de azúcar
- Una pizca de sal
- Molde para pan de rodaja
- Horno sin convección
- Batidora

3.7.1. Tablas de tabulación de datos

Las tablas de tabulación de datos se utilizaron para recolectar la información que se obtuvo a lo largo del desarrollo experimental del presente trabajo de graduación, que tomó lugar en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Tabla III. **Datos de operación del secador de bandeja de flujo transversal a 60 ° C**

Generalidades	
No. de corrida	
Abertura de dámper	
Humedad inicial de sólido (%)	
Parámetros de Secado	
Tiempo (h)	H (%)

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Parámetros de caracterización de la harina de coco (*Cocos nucifera*)**

Temperatura de secado	Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Grasa cruda (%)
60 °C					

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Para elaborar el análisis estadístico de la investigación, se hará una prueba de aceptación del producto de panificación, la masa del cual consiste en una mezcla de harina de coco con otros ingredientes con el fin de tener un producto apto para ser consumido por personas que poseen la enfermedad celíaca.

Esta prueba de aceptación es conocida como escala hedónica, los consumidores son un grupo de catadores inexpertos.

La evaluación hedónica se logra analizando los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos de 1 a 9; los puntajes numéricos se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza, para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras.

Puntuación de escala hedónica:

Descripción	Valor
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

3.8.1. Metodología de cálculo del análisis estadístico

Dado que la recolección de datos para la elaboración del análisis estadístico se basó en una prueba sensorial a partir de la cual se obtuvo puntuaciones del producto de panificación, se decidió calcular el promedio de las notas y su desviación estándar.

3.8.1.1. Cálculo del promedio

El promedio o también llamado media aritmética de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

[Ec. 1]

Donde:

\bar{x} = promedio

n= número total de datos

x_i = valor individual

3.8.1.2. Cálculo de la desviación estándar

Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable. Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que se necesita conocer también la desviación que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[Ec. 2]

Donde:

σ = desviación estándar

\bar{x} = promedio

n = número total de datos

x_i = valor individual

3.8.2. Boleta para evaluación sensorial

Trata del análisis de los alimentos que se realiza con los sentidos. En este caso se realizó una prueba de escala hedónica de nueve puntos, en donde se evaluará el grado de aceptación de un producto de panificación elaborado con harina de coco.

Se emplea en el control de calidad de ciertos productos alimenticios, en la comparación de un nuevo producto que sale al mercado, en la tecnología alimentaria cuando se intenta evaluar un nuevo producto.

Figura 2. **Diseño de boleta para evaluación sensorial**

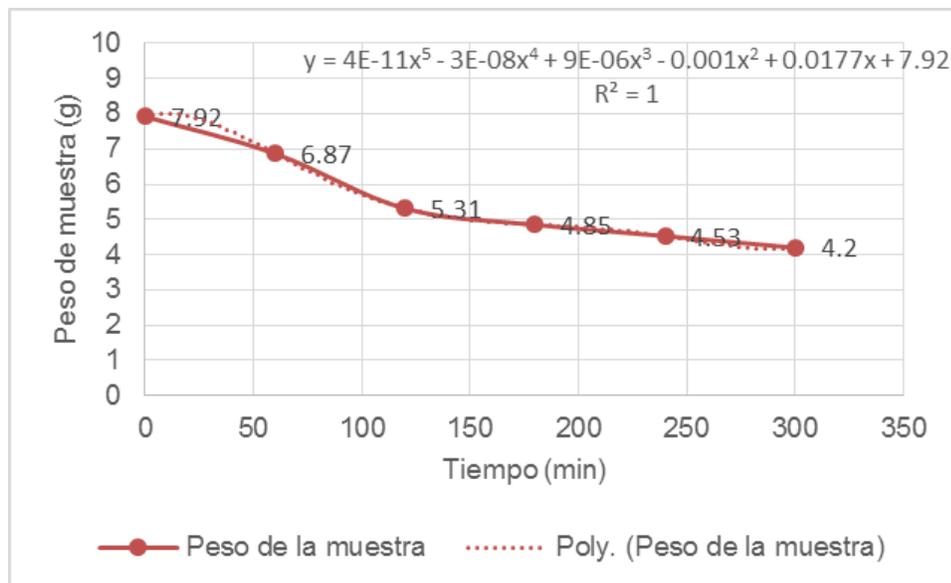
Evaluación sensorial descriptiva del pan elaborado con harina de coco	
Prueba de escala hedónica de nueve puntos	
Nombre:	_____
Fecha:	_____
Instrucciones: pruebe la muestra e indique en la escala deseada con una X.	
Descripción	Marcar
Me gusta muchísimo	
Me gusta mucho	
Me gusta moderadamente	
Me gusta un poco	
Me es indiferente	
Me disgusta un poco	
Me disgusta moderadamente	
Me disgusta mucho	

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

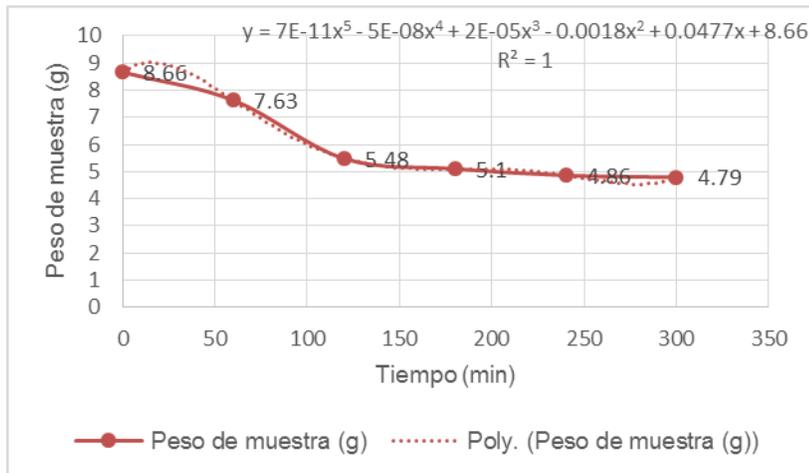
Los resultados son los fragmentos menores u objetivos parciales que en conjunto contribuyen para el objetivo del proyecto. Los resultados se describen en forma gráfica a continuación.

Figura 3. **Peso de la muestra de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) en función del tiempo de secado, primera corrida**



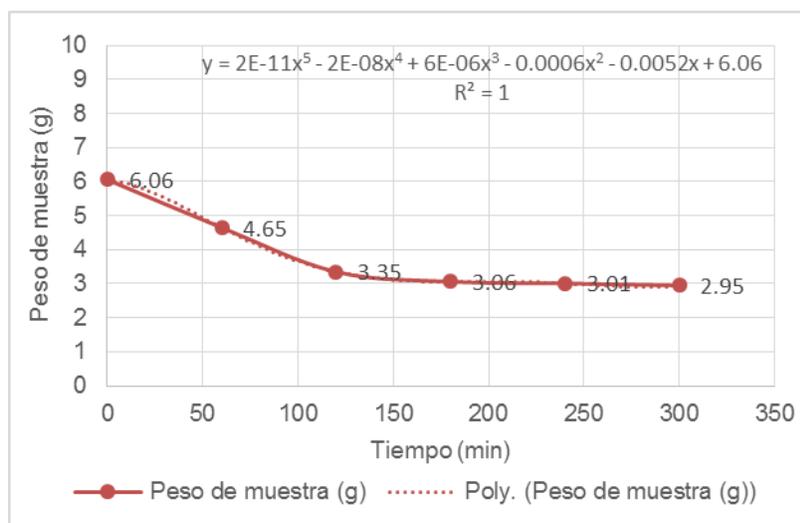
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Peso de la muestra de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) en función del tiempo de secado, segunda corrida**



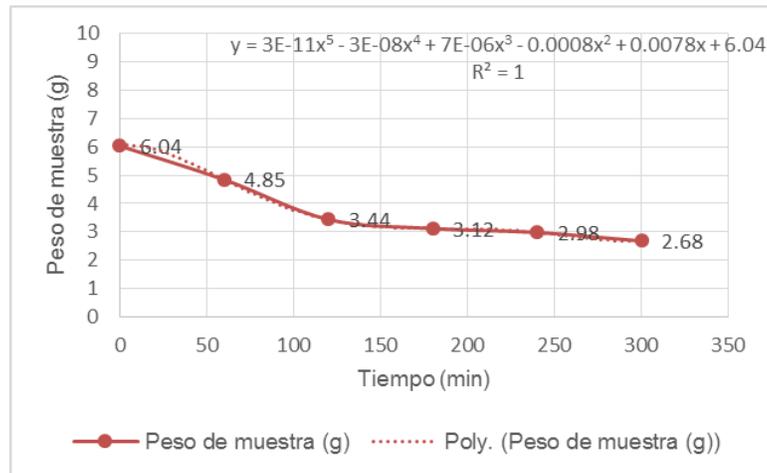
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Peso de la muestra de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) en función del tiempo de secado, tercera corrida**



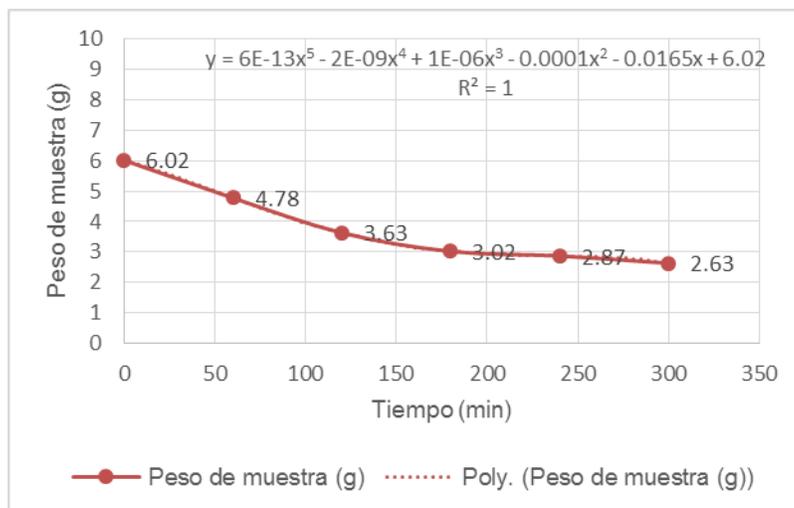
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Peso de la muestra de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) en función del tiempo de secado, cuarta corrida**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Peso de la muestra de pulpa de coco (*Cocos nucifera*) en función del tiempo de secado, quinta corrida**



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Ingredientes utilizados para la preparación de un producto de panificación para celíacos**

Ingrediente	Cantidad
Harina de coco	0,7 kg
Fécula de maíz	0,4 kg
Claras de huevo	6 unidades
Yemas de huevo	1 unidad
Azúcar	0,01 kg
Vainilla	5,0 mL
Sal	0,001 kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Parámetros de caracterización de la harina de coco (*Cocos nucifera*), temperatura de secado 60 °C**

Descripción	Base	Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína cruda (%)	Fibra cruda (%)	Grasa cruda (%)
Harina de pulpa de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	Seca	4,61	2,33	10,28	8,15	68,20
	Como alimento	---	2,22	9,81	7,77	65,05

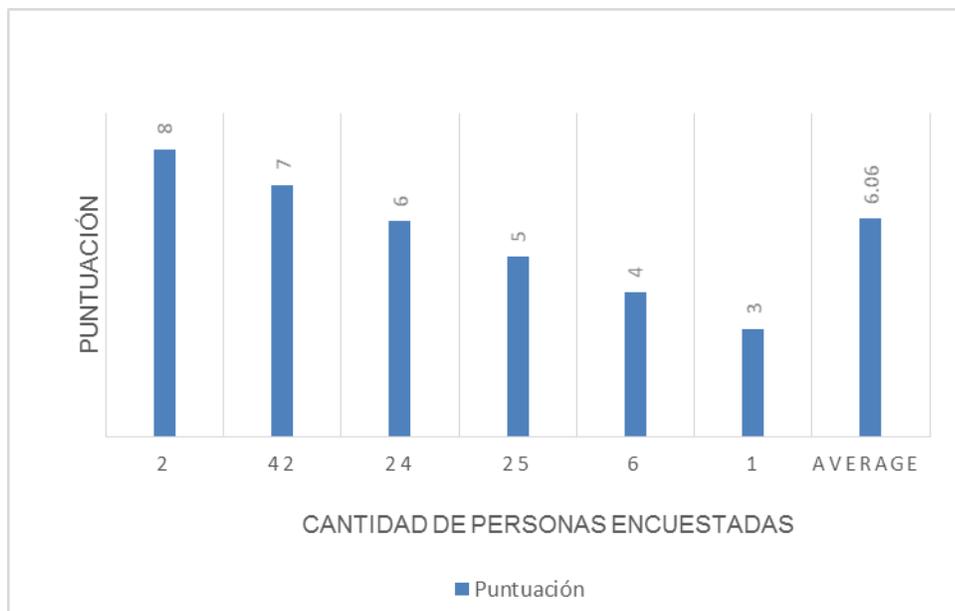
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Promedio de puntaje obtenido por el producto de panificación y su desviación estándar**

Promedio (\bar{x})	6,0600
Desviación estándar (σ)	1,0427

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Valoración del producto de panificación elaborado con harina de la pulpa de coco (*Cocos nucifera*), respecto a la cantidad de personas encuestadas, con base en escala hedónica de nueve puntos**



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal la obtención de harina de la pulpa de coco (*Cocos nucifera*), para utilizarla en la fabricación de un producto de panificación, específicamente para celíacos. Para lograr esto fue necesario secar la pulpa de coco.

Se inició por separar la pulpa de coco de la cáscara, por medio de un raspado, se pesó la materia prima, luego se realizó el rallado de la pulpa, utilizando un rallador de cocina. Después de haber rallado la pulpa, esta se refrigeraba para luego ser utilizada, por no más de 15 horas, para que el coco no perdiera sus propiedades. Se procedió a realizar el secado de la pulpa de coco, el cual consistió en deshidratar lotes de 5 kilogramos cada uno, realizándose cinco corridas.

Para la deshidratación de la pulpa de coco se utilizó un secador de bandejas de flujo transversal, el secado se llevó a cabo con una temperatura constante de 60 Celsius. En promedio la humedad de la materia prima, previa al secado, fue de 54,8 por ciento, y al final del mismo se registró un porcentaje de humedad promedio de 4,4 por ciento, el tiempo de secado para cada corrida fue de 5 horas.

Se recolectó el total de la materia seca, y se procedió a la reducción de tamaño de partícula triturándola en una licuadora industrial. Luego se realizó el tamizado, utilizando una tamizadora de laboratorio, siendo el tamiz No. 85 el más pequeño utilizado, con una abertura de 0,174 milímetros. La harina

tamizada se envasó y luego, a una muestra de esta, se le realizó el análisis químico proximal.

Como parte de los resultados se encuentra registrada la curva de secado, el peso de la muestra de cada lote de secado en función del tiempo de secado (figuras 2 a la 6), se observa un comportamiento parecido en todas las gráficas. Se puede notar claramente como la masa de sólido disminuye rápidamente en las primeras dos horas, después de esto se pierde menos cantidad de agua por unidad de tiempo transcurrido, según la literatura este es el comportamiento que se debe presentar al momento de realizar un secado, ya que los sólidos húmedos pierden primero el agua por evaporación de su superficie saturada y luego pierden el agua del interior del sólido, la cual es más difícil de eliminar.

Dado que la harina de coco es un producto libre de gliadina y glutenina, que son las proteínas que dan la formación del gluten, se decidió elaborar con ella un producto de panificación para personas celíacas. La enfermedad afecta a personas genéticamente predispuestas, y es inducida por la ingesta de gluten, presentando síntomas como náuseas, dolor estomacal y diarreas.

La formulación del producto de panificación se encuentra en la tabla V, en la sección de resultados. Se decidió utilizar fécula de maíz para dar volumen al pan, ya que al no contar con la presencia del gluten está de más la utilización de levadura, puesto que las proteínas del gluten son las responsables de no dejar escapar por completo el gas producido en la fermentación, que es el causante del crecimiento del pan y de dar la estructura al mismo.

En la tabla VI se registran los resultados del análisis químico proximal que se realizó a la harina de coco, obteniendo un 9,81 por ciento de proteína, 7,77 por ciento de fibra cruda, 65,05 por ciento grasa cruda y un 2,22 por ciento de

cenizas. Con estos valores nutricionales se puede determinar que el alimento tiene un alto contenido de grasa y bajos porcentajes de fibra y proteína, la eliminación de grasa podría haberse realizado antes del secado, mediante un prensado de la materia prima para eliminar el exceso de la leche de coco y también es probable que se pueda lograr un porcentaje de proteína mayor al obtenido si la temperatura de secado hubiese sido menor, ya que la estructura de las proteínas se pueden alterar por la aplicación de calor, causando que se pierda la estructura tridimensional de las mismas.

Se realizó una prueba sensorial basada en la escala hedónica de nueve puntos para evaluar la aceptación del producto de panificación, en la tabla VII se registra el promedio de la puntuación con un 6,06 con lo cual se estaría ubicando al producto dentro de la clasificación me gusta un poco, en la misma tabla se plasma el valor de la desviación estándar con $\pm 1,0427$ entonces las puntuaciones serían 7,1027 y 5,0172 estos valores clasifican al producto como me gusta moderadamente y me es indiferente respectivamente.

En la figura 7 se graficó la puntuación respecto a la cantidad de personas encuestadas, aquí se puede ver claramente que la opción con mayor votos registrados fue la puntuación 7 que equivale a me gusta moderadamente con 42 votos. Es importante notar que en dicha gráfica no están las puntuaciones 9, 2 y 1 ya que ninguna persona votó por dichas opciones que corresponden a me gusta muchísimo, me disgusta mucho y me disgusta muchísimo, respectivamente.

Viéndolo desde el punto de vista comercial sería un producto que no se vendería masivamente, por lo tanto habría que hacer varias pruebas, variando desde los parámetros de secado, hasta los ingredientes para preparar el pan. Ya que se esperaría que el promedio ronde entre los 9 y 8 puntos.

CONCLUSIONES

1. Es factible la utilización de la pulpa de coco (*Cocos nucifera*) para la fabricación de harina.
2. La harina obtenida a partir de la pulpa de coco se puede utilizar para la elaboración de un producto de panificación para personas celíacas, por no contener gluten.
3. Entre las operaciones unitarias involucradas en el proceso de obtención de la harina de coco (*Cocos nucifera*) están: el secado, la molienda y tamizado.
4. Las curvas de secado, peso de sólido en función del tiempo, para las cinco corridas presentaron el mismo comportamiento, donde se registra la mayor pérdida de agua en los primeros ciento veinte minutos de secado.
5. Las curvas de secado, figura 2 a la 6, muestran un comportamiento polinomial grado 5, con un coeficiente de correlación máximo.
6. El análisis químico proximal realizado a la harina de coco mostró un alto porcentaje de grasa y bajos porcentajes de proteína y fibra.

RECOMENDACIONES

1. Para evitar que el porcentaje de grasa de la harina de coco (*Cocos nucifera*) sea alto, previo al secado, realizar un prensado a la pulpa de coco para eliminar el exceso de leche de coco.
2. Realizar el secado de la pulpa de coco a temperaturas más bajas, entre 45 y 55 Celsius, para evitar la pérdida de proteínas y vitaminas, presentes en la pulpa de coco.
3. Realizar el análisis químico proximal al producto de panificación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABAUNZA, Ericka; CALLEJAS, Sara; VILLEGAS, María. *Industrialización de la copra de coco*. Trabajo de graduación de Ing. Química, División de Ciencias Básica e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México: 2004. 65 p.
2. CODEX ALIMENTARIUS [en línea]. Roma, Italia. [ref. de 21 de abril de 2013]. Disponible en web: <http://www.codexalimentarius.net>.
3. ESCALA HEDÓNICA [en línea]. Chile. [ref. de 21 de abril de 2013]. Disponible en web: <http://blog.uchile.cl/>
4. GENAKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: Continental, 1998. 579-619 p.
5. KERN, Donald Q. *Procesos de transferencia de Calor*. 31a ed. México: Continental, 1999. 660 p.
6. LEÓN, Elizabeth; MORA, Armando; SERRANO, Marlene. *Diseño de una planta de secado en lecho fluidizado de coco rallado*. Trabajo de graduación de Ing. Química, División de Ciencias Básica e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México: 1993. 45-49 p.

7. PARADA, Alejandra; ARAYA, Magdalena. *El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celiaca*. Revista médica de Chile. Chile: 2010.
8. PÉREZ, Vladimir. *Proceso y fabricación de harina de subproductos del brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y su implementación parcial en un producto de panificación*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2013. 7-14 p.
9. PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. *Manual del ingeniero químico*. 8a ed. Estados Unidos: Mc-GrawHill, 2008. 12-25, 12-26, 12-30, 12-40 p.
10. RODRÍGUEZ, Saez. *Enfermedad Celiaca*. Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA). España: 2010.
11. ROQUEL CHÁVEZ, Mercedes Esther. *Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (Ipomoea Batata)*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2008. 20-29 p.
12. RUIZ FUNES, Luis Ernesto. *Diseño de un proceso para la obtención de una galleta a partir de harina de trigo enriquecida con Paraíso blanco (Moringa Oleífera) y su respectiva evaluación nutricional*. Trabajo de graduación de Ing. Química., Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2011. 76 p.

APÉNDICES

1. Datos tomados durante el secado a 60 °C, primera corrida

Tiempo (min)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
0	7.92	50.18
60	6.87	45.21
120	5.31	34.96
180	4.85	27.53
240	4.53	16.44
300	4.2	4.05

Fuente: elaboración propia.

2. Datos tomados durante el secado a 60 °C, segunda corrida

Tiempo (min)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
0	8.66	53.03
60	7.63	48.84
120	5.48	32.14
180	5.1	25.44
240	4.86	8.03
300	4.79	4.76

Fuente: elaboración propia.

3. Datos tomados durante el secado a 60 °C, tercera corrida

Tiempo (min)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
0	6.06	54.38
60	4.65	47.32
120	3.35	39.33
180	3.06	25.95
240	3.01	12.68
300	2.95	4.92

Fuente: elaboración propia.

4. Datos tomados durante el secado a 60 °C, cuarta corrida

Tiempo (min)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
0	6.04	59.94
60	4.85	51.38
120	3.44	44.97
180	3.12	36.28
240	2.98	12.78
300	2.68	4.23

Fuente: elaboración propia.

5. Datos tomados durante el secado a 60 °C, quinta corrida.

Tiempo (min)	Peso de muestra (g)	Humedad (%)
0	6.02	56.66
60	4.78	51.65
120	3.63	43.85
180	3.02	36.07
240	2.87	14.09
300	2.63	4.04

Fuente: elaboración propia.



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

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Teléfono: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromat2000@yahoo.es

CIUDAD, GUATEMALA,
DEL 19 AL 22-08-2013.

CLARA IVON SOTO FRANCO,
20-08-2013.

Solicitado por:
Fecha de recibida la muestra:

Dirección:
Fecha de realización:

No.260

Reg.	Descripción de la muestra	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Centizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	T.N.D.	E.B. Cal/Kg
438	MARINA DE COCO	4.81	95.39	68.20	8.15	10.28	2.33	11.04									
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																
	COMO ALIMENTO																
	SECA																

Continuación del anexo 6.

- MATERIALES EN LOS QUE SE REALIZARON LOS ANÁLISIS ACREDITADOS:**
1. Heno, rastrojos y cascarrillas
 2. Forrajes verdes
 3. Ensilados
 4. Alimentos concentrados (menos del 15% de humedad)
 5. Frutas y verduras de consumo humano
 6. Carnes y subproductos cárnicos
 7. Leches y subproductos lácteos
 8. Plantas con otros fines diferentes de la alimentación humana o animal
 9. Suelos
 10. Fertilizantes orgánicos e inorgánicos

PRUEBA	MÉTODO DE REFERENCIA	APLICABLE	UNIDADES	RANGO	INCERTIDUMBRE
Materia Seca	AOAC: 930.15	4,8,9	%	85 A 100	
Materia Seca	Bateman 6.111	1,2,5,6	%	1 a 85	
Materia Seca	AOAC: 925.04	3	%	20 a 85	
Proteína Cruda	AOAC: 976.05 Tector: Manual del 1010/1021 Fibertec-System I Fibertec-System I Bateman	1,2,3,4,5,6,9	%	1 a 300	
Fibra Cruda	Tector: Manual del 1010/1021 Fibertec-System I Fibertec-System I Bateman	1,2,3,4,5,6,7,8	%	1 a 60	
Fibra Acido Detergente	Tector: Manual del 1010/1021 Fibertec-System I	1,2,3,4	%	0 A 60	
Fibra Neuro Detergente	Tector: Manual del 1010/1021 Fibertec-System I	1,2,3,4	%	0 a 90	
Extracto Eterico	Bateman 9.110	1,2,3,4,5,6,8	%	0 a 100	
Cenizas	Aaac: 942.05	1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10	%	0 a 100	
Extracto Libre de Nitrogeno	Bateman: 10.200	1,2,3,4,5,6	%	0 a 100	

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

7. Resultados de encuesta realizada en base a escala hedónica.

Puntuación	Descripción	Porcentaje (%)
9	Me gusta muchísimo	0
8	Me gusta mucho	2
7	Me gusta moderadamente	42
6	Me gusta un poco	24
5	Me es indiferente	25
4	Me disgusta un poco	6
3	Me disgusta moderadamente	1
2	Me disgusta mucho	0
1	Me disgusta muchísimo	0

Fuente: elaboración propia.

8. Pulpa de coco rallada.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE).

9. Secado de la pulpa de coco en un secador de bandejas de flujo transversal a una temperatura de 60 °C.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

10. Medición de peso y humedad de la muestra



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

11. Tamizado de la pulpa de coco seco.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

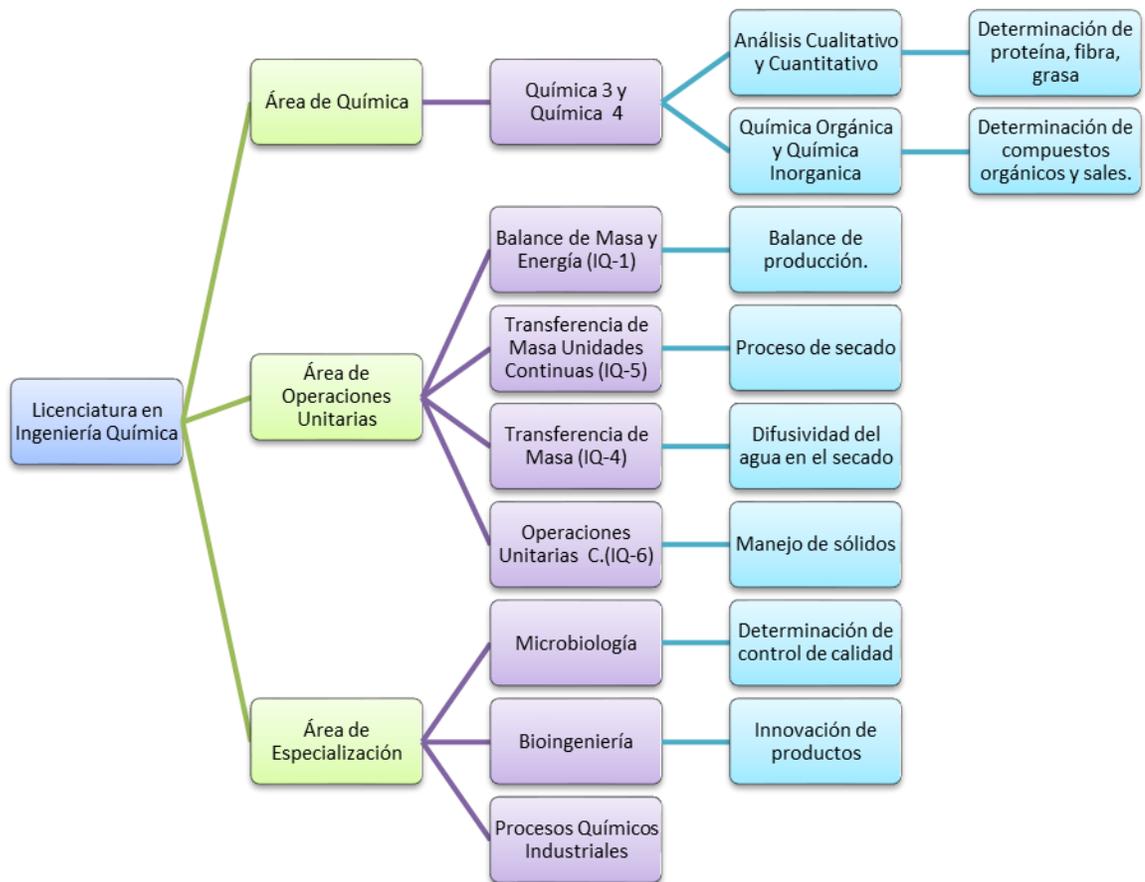
12. Elaboración del producto de panificación para celíacos.



Fuente: Casa propia, Ciudad de Guatemala.

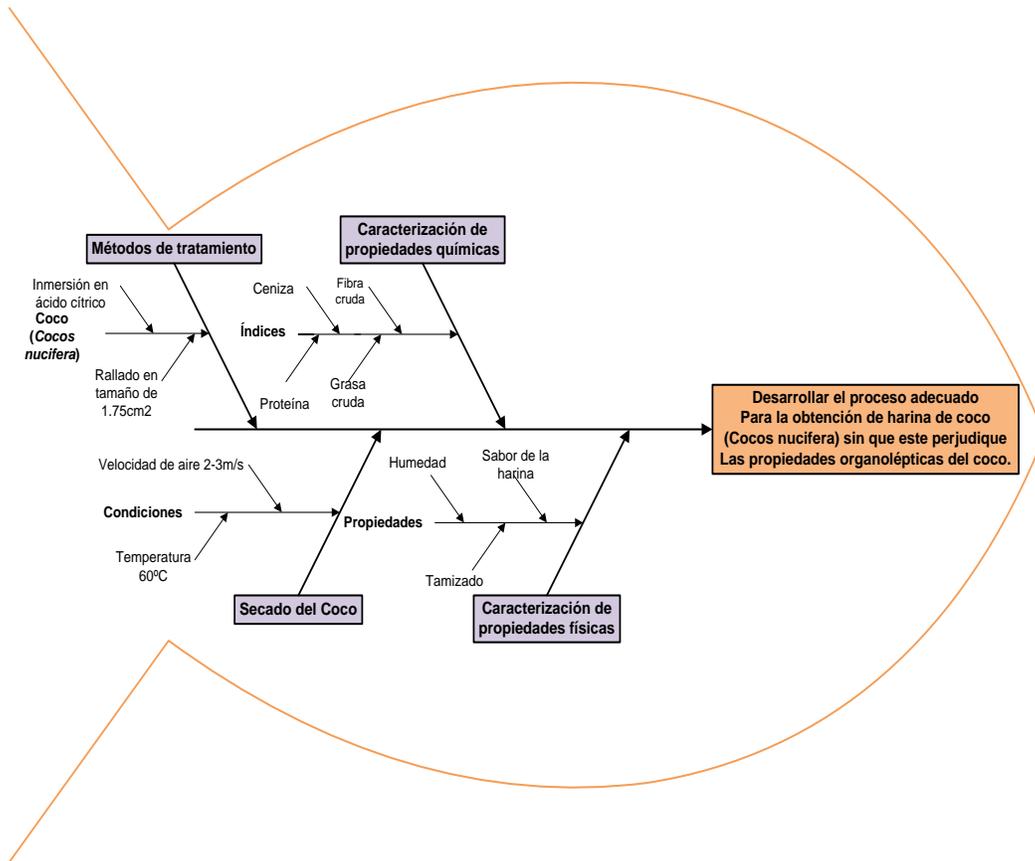
ANEXOS

Apéndice 1. Diagrama de Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.