



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE
DOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE LA PLANTA DEL
RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS*)**

José Angel Guillermo Velásquez Morales
Asesorado por Ing. Químico Mario Rousselin

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE DOS
PRODUCTOS ALIMENTICIOS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE LA PLANTA DEL
RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS*)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ ANGEL GUILLERMO VELÁSQUEZ MORALES
ASESORADO POR EL ING. QUÍMICO MARIO ROUSSELIN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADORA | Inga. Adela María Marroquín González |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Salvador Wong Davi |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez |
| 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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO A NIVEL ARTESANAL DE
DOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE LA PLANTA DEL
RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS*)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 15 de octubre de 2021.

José Angel Guillermo Velásquez Morales

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por iluminar mi camino.

Mis padres

Por guiarme en este mundo e incentivarme a seguir desarrollándome personal y profesionalmente.

Mis hermanos

Daniel y Luisa Velásquez Morales, por su apoyo y compañía durante mi vida.

Familia y amigos

Por brindarme el apoyo y buenos deseos en la vida profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió adquirir los conocimientos superiores y ponerlos a prueba. |
| Facultad de Ingeniería | Por proporcionarme las herramientas para mi desarrollo profesional y las necesarias para completar esta meta. |
| Escuela de Postgrado | Por ofrecer la oportunidad de seguir creciendo académicamente. |
| Mi novia | Por brindarme su cariño, apoyo y ayuda incondicional. |
| Mis amigos | Por haberme acompañado durante la carrera. |
| Mi asesor | Msc. Ing. Mario Rousselin quien bondadosamente me dio su apoyo a lo largo de la investigación. |
| Familia y amigos en general | |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XIII |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| | |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| | |
| 4. JUSTIFICACIÓN | 9 |
| | |
| 5. OBJETIVOS | 11 |
| | |
| 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN | 13 |
| | |
| 7. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 7.1. Desperdicio de alimentos..... | 17 |
| 7.1.1. Desperdicio de alimentos en el mundo..... | 18 |
| 7.1.2. Desperdicio de alimentos en Guatemala | 19 |
| 7.2. Rábano (<i>Rabanus sativus</i>)..... | 19 |
| 7.2.1. Valor nutritivo..... | 20 |

| | | |
|--------|--|----|
| 7.2.2. | Propiedades del rábano (<i>Rabanus sativus</i>)..... | 21 |
| 7.3. | Hojas de Rábano (<i>Rabanus sativus</i>) | 22 |
| 7.3.1. | Aplicaciones..... | 23 |
| 7.4. | Harinas..... | 24 |
| 7.5. | Secado..... | 25 |
| 7.6. | Alimentos formulados | 26 |
| 7.6.1. | Ingredientes | 27 |
| 7.6.2. | Formulación | 28 |
| 7.6.3. | Aditivos de alimentos..... | 28 |
| 7.7. | Legislaciones aplicables | 29 |
| 7.7.1. | Normas COGUANOR..... | 29 |
| 7.7.2. | Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) | 29 |
| 7.8. | Parámetros fisicoquímicos | 30 |
| 7.8.1. | Color | 30 |
| 7.8.2. | Textura | 31 |
| 7.8.3. | Humedad | 32 |
| 8. | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS | 33 |
| 9. | METODOLOGÍA..... | 35 |
| 9.1. | Características del estudio..... | 35 |
| 9.1.1. | Enfoque del estudio | 35 |
| 9.1.2. | Alcance del estudio..... | 35 |
| 9.1.3. | Diseño del estudio | 35 |

| | | |
|------|--|----|
| 9.2. | Unidades de análisis..... | 36 |
| 9.3. | Variables..... | 36 |
| 9.4. | Fases del estudio..... | 41 |
| 10. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN..... | 45 |
| 11. | CRONOGRAMA..... | 47 |
| 12. | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO..... | 49 |
| 13. | REFERENCIAS..... | 51 |
| 14. | APÉNDICES..... | 59 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|-------------------------------------|----|
| 1. | Esquema de Solución | 15 |
| 2. | Cronograma de la investigación..... | 47 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Valor nutricional de la planta de rábano por cada 100g | 20 |
| II. | Operacionalización de variables | 36 |
| III. | Indicadores a utilizar en el análisis de varianza | 45 |
| IV. | Presupuesto de la investigación..... | 49 |

LISTADO DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-------------------------------|---|
| N | Cantidad de datos de la serie |
| a* | Coordenada cromática a* |
| b* | Coordenada cromática b* |
| σ^2 | Desviación estándar |
| g_{l_i} | Grados de libertad |
| °F | Grados Fahrenheit |
| L* | Luminosidad |
| \bar{X} | Media |
| kg * m * s² | Masticabilidad en kilogramos metro segundo cuadrado |
| μm | Micrómetros |
| X | Número de la serie |
| Q | Quetzales |
| σ^2 | Varianza |

GLOSARIO

| | |
|-------------------|--|
| Aw° | Actividad acuosa. |
| Aperitivo | Bebida o pequeña cantidad de alimento que se toma antes de una comida principal para estimular el apetito. |
| CDA | Cantidad de alimento disponible para el consumo humano. |
| Cenizas | Producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles. |
| CIELAB | Modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. |
| COGUANOR | Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Coliformes | Grupo de especies bacterianas. |
| E.coli | Escherichia coli. |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Fibra | Componente vegetal que contiene polisacáridos y lignina. |
| Frecuencia | Veces que se repite un fenómeno. |
| Granulosidad | Condición de la masa en forma de granos pequeños. |
| INCAP | Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. |
| INE | Instituto Nacional de Estadística Guatemala. |
| Masticabilidad | Energía requerida para masticar un sólido y desintegrarlo hasta que se pueda tragar. |
| NTG | Normas Técnicas Guatemaltecas. |
| OPS | Organización Panamericana de la Salud. |
| Recuento aerobio | Técnica para estimar el número de microorganismos en muestras de alimentos. |
| RTCA | Reglamento Técnico Centroamericano. |
| Salmonella | Género de bacilos gramnegativos que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. |
| <i>Staphylococcus Aureus</i> | Bacteria anaerobia facultativa y grampositiva. |

UFC/g

Unidades formadoras de colonia por gramo.

RESUMEN

La formulación de productos a partir de las partes no utilizadas y aprovechables de las hortalizas se ha convertido en un avance para la reducción de desperdicios a nivel mundial, además de lograr una reducción de costos por el aprovechamiento de la hortaliza completa. El rábano posee grandes cantidades de hierro y minerales los cuales son de beneficio para el cuerpo, y sus hojas pueden lograr complementar la dieta como fibra adicional. La formulación de los productos consta de una galleta utilizando la planta completa y una pasta usando el fruto del rábano.

Sustitución de harina en el caso de la pasta y del maíz para las galletas puede lograr obtener un producto con características mejores, de menor costo y atractivas para el consumidor.

El presente diseño de investigación busca sentar las bases para la formulación y obtención de dos productos utilizando la planta del rábano, que sean aptas para el consumo humano cumpliendo los criterios microbiológicos establecidos en las regulaciones aplicables y con un grado de aceptación por parte el consumidor, utilizando herramientas de análisis sensorial las cuales lo definan.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos alimenticios puede ser un amplio campo de estudio, siendo esta investigación una innovación y se enfoca en la aplicación de partes no utilizables de hortalizas como aporte innovador utilizando el rábano (*Raphanus Sativus*), es de importancia realizar productos utilizando partes de hortalizas que se pueden aprovechar, para optimizar el uso de recursos y materia prima, con el desarrollo de los productos al utilizar la hoja de rábano en formulaciones se logrará utilizar por completo la planta ya que esta posee características nutricionales de interés, realizando formulaciones que no distorsionen las propiedades organolépticas del producto se puede lograr un grado de aceptabilidad elevado por parte del grupo de consumidores que conformarán el panel.

El aporte de la elaboración del trabajo de investigación será el avance en la formulación de productos utilizando la planta del rábano en su totalidad para aprovechar sus características y mejorar productos disminuyendo los costos en la producción, además de presentar productos innovadores con buena aceptabilidad de los consumidores.

El beneficio de realizar el estudio sobre el desarrollo de alimentos y como formulaciones innovadoras utilizando la hoja de rábano se puede motivar al sector industrial a emplear partes típicamente no consumibles para reducir los costos de producción y reducir los desechos

El informe final de investigación estará conformado de 5 capítulos los cuales son:

Capítulo 1 comprende la parte de los antecedentes los cuales son una recopilación de estudios previamente realizados sobre el rábano (*Raphanus sativus*) y los objetivos del presente trabajo.

Capítulo 2 presenta una síntesis de todos los fundamentos teóricos requeridos para el desarrollo de los productos alimenticios, desde sus inicios que será la formulación hasta el análisis de costos con el cual se completará el estudio.

Capítulo 3 estará formado por las fases del proyecto de investigación en las cuales se detallarán las metodologías utilizadas haciendo énfasis en el área química del desarrollo de alimentos a desarrollar.

Capítulo 4 presentará los resultados obtenidos a partir de los diferentes análisis tales como microbiológicos y proximales, además de las distintas evaluaciones con normativas vigentes para cada producto desarrollado.

Capítulo 5 será la parte donde se pondrá a discusión los resultados obtenidos a través de las distintas evaluaciones y análisis, siendo la química del proceso y el producto, además de la parte nutricional del estudio, el especial interés del capítulo.

2. ANTECEDENTES

En el continuo desarrollo de las industrias alimenticias y el rápido crecimiento de las necesidades de la población con la utilización de materiales residuales, tal como expresa Castro que la formulación de suplementos alimenticios derivados de materias primas que se pueden producir en el país, como es la hoja de Teberinto, son importantes para contribuir al mejoramiento de la seguridad alimentaria, nutricional y a la vez al desarrollo sostenible utilizando el potencial del árbol de Teberinto en la industria de alimentos, aprovechando todas sus propiedades nutricionales, medicinales y vitamínicas que posee, para así, desarrollar un producto beneficioso para la nutrición humana, tomando en cuenta la mitigación de los impactos ambientales (Castro, 2018).

El rábano es la raíz de un vegetal que es cosechado y consumido alrededor del mundo y considerado parte de la dieta humana, según Banihani et al. y su estudio publicado en la revista *Nutrients* los rábanos contienen compuestos bioactivos únicos que recientemente son reconocidos por tener un beneficio potencial a la salud humana. Es importante mencionar que recientes estudios relacionados a las propiedades del rábano y su efecto antidiabético, además de mejorar la habilidad del mecanismo de defensa antioxidante y reducir la acumulación de radicales libres (Banihani, 2017).

La estructura y composición de las paredes celulares con aquellas que le dan características macroscópicas y nutricionales a las hortalizas, por lo que según Schäfer, Brett, Trierweiler y Bunzel publicaron un artículo en la revista *Agricultura y Química de Alimentos de los Estados Unidos*, donde mencionan que el principal componente de las células de las plantas es la fibra dietética que

contiene y es responsable de efectos potenciales fisiológicos que son afectados por la composición estructural de las paredes celulares. El rábano es conocido por desarrollar una forma leñosa y de textura firme durante la maduración (Schäfe et al., 2016).

Goyeneche, Roura, Ponce et al., realizaron una caracterización química y de su capacidad antioxidante para las hojas y la raíz del rábano, con lo cual destacó en su análisis proximal que las hojas del rábano poseen un alto contenido de potasio, fibra cruda y cenizas, aún más que la raíz. Las hojas contienen alto contenido en potasio lo cual se ha reportado y que conlleva al incremento en la utilización del hierro en el cuerpo, beneficiando a las personas que toman diuréticos para controlar la hipertensión (Goyeneche et al., 2015).

Ahn, Kim, Lee & Lee, realizaron la caracterización de empanadas formuladas con rábano seco, utilizando tanto las hojas como la raíz, por medio de análisis proximales, sensoriales y fisicoquímicos, dando como resultado que al agregar como ingrediente el rábano seco se tiene un aumento considerable en las cenizas y la jugosidad del producto para una específica fórmula conteniendo rábano, por lo que las hojas y la raíz del rábano pueden mejorar la composición proximal y las características (Ahn et al., 2019).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

Gradualmente se ha buscado el óptimo uso de los recursos y elaborar productos de calidad, por lo que se buscan alternativas las cuales cumplan con las expectativas de los consumidores y ayuden a la reducción de costos en la producción, ya que mundialmente se desperdician enormes cantidades de alimentos, mientras que en Guatemala se tiene registrado en *Food Loss and Waste Database* de FAO valores de hasta 20 % de pérdida de alimentos por valor de la producción nacional y se desechan partes de hortalizas que la población no consume frecuentemente como las hojas del rábano (*Raphanus sativus*), por lo que es de interés desarrollar tecnologías y productos que puedan aprovechar esta fracción comúnmente no consumible.

- Descripción del problema

Las hojas de rábanos y la raíz, según las tablas de composición matronal de INCAP y OPS poseen una fracción comestible de 0.78 y 0.82 respectivamente (INCAP & OPS, 2012), y por sus características fisicoquímicas puede mejorar los atributos finales del producto si se utiliza dentro de la formulación. Por lo que el interés de la investigación es la utilización de la fracción restante para el desarrollo de productos alimenticios.

- Formulación del problema

El problema es formulado mediante la generación de preguntas las cuales determinan los objetivos a cumplir secuencialmente durante la investigación y es necesario plantear la pregunta principal de este estudio.

- Pregunta central

¿Cuáles deben de ser las características a desarrollar para elaborar dos productos a partir de la utilización del rábano (*Raphanus sativus*)?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles deben de ser los porcentajes de los ingredientes para la formulación de dos productos alimenticios: una galleta utilizando las hojas y la raíz, y una pasta usando solo las hojas del rábano?
- ¿Cuáles son los ingredientes necesarios para la elaboración de los productos alimenticios?
- ¿Qué requisitos de las normativas vigentes COGUANOR y RTCA deben de cumplir los productos a desarrollar?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los productos a desarrollar?
- ¿Cuál es la inocuidad de los productos a desarrollar?
- ¿Cuál es la aceptabilidad de los productos a desarrollar?
- ¿Cuál es el valor nutritivo de los productos alimenticios desarrollados?
- ¿Cuál es el costo de la elaboración de los tres productos desarrollados?

- Delimitación del problema

El desarrollo de los tres productos alimenticios a partir de la raíz y hoja del rábano, se elaborará a nivel artesanal en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad San Carlos de Guatemala, utilizando rábano de la especie *Raphanus sativus*, realizando sus respectivos análisis bromatológicos en la Facultad de Veterinaria en la Universidad San Carlos de Guatemala, determinando la inocuidad que debe de tener el producto en laboratorio microbiológico privado, para su presentación al público y panel evaluador para determinar la aceptabilidad que tendrá, en un tiempo aproximado de 6 meses.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se presenta en la línea de investigación de Desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales y/o innovadores de la Maestría en Ciencias y Tecnología de los Alimentos de la Universidad San Carlos de Guatemala, por lo que tiene como objetivo el desarrollo de productos alimenticios con el aprovechamiento de la hoja de rábano (*Raphanus Sativus*) ya que esta parte por lo general es desechada y es posible utilizarla como una base o complemento en la formulación de alimentos.

La importancia de realizar este estudio es que al aprovechar este tipo de partes de las hortalizas se puede llegar a una reducción de costos en la producción de alimentos además de que se podrá conocer su utilización como alternativa en los alimentos con una buena aceptación por parte del consumidor.

La población en general puede verse beneficiada al desarrollar productos innovadores los cuales puedan incentivar al comercio local y promover el estudio en la tecnología de los alimentos.

Los resultados que se esperan en el presente estudio se pueden resumir en la aceptación por parte de la población en la utilización de la hoja de rábano (*Raphanus sativus*) como ingrediente alternativo o adicional en productos alimenticios, y que tales productos cumplan con las características fisicoquímicas y de inocuidad.

El beneficio del estudio a la sociedad es la creación de nuevas oportunidades en el desarrollo de productos a partir del aprovechamiento de las

fracciones sub-utilizadas de las hortalizas y la evaluación de la aceptabilidad de dichos productos, también podrá incentivar a la población, empresas nacionales y/o internacionales a utilizar alternativas para la reducción de desperdicios y costos en la producción.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar a nivel artesanal dos productos alimenticios a partir de la utilización de la raíz y las hojas del rábano (*Raphanus sativus*).

5.2. Específicos

- Establecer los porcentajes de los ingredientes para la formulación de dos productos alimenticios: una galleta utilizando las hojas y la raíz, y una pasta usando únicamente las hojas del rábano.
- Elaborar una pasta y galleta formulada a partir de la planta de rábano.
- Evaluar el cumplimiento de las normativas vigentes COGUANOR y RTCA para cada tipo de producto.
- Evaluar las características fisicoquímicas de los productos a desarrollar tales como: actividad de agua, color, textura, granulometría, entre otros.
- Evaluar la inocuidad de los productos alimenticios a través de exámenes microbiológicos.
- Determinar la aceptabilidad de los productos alimenticios desarrollados con consumidores.

- Determinar el valor nutritivo de las formulaciones con mayor aceptabilidad por consumidores.
- Calcular el costo de elaboración de los productos alimenticios desarrollados.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

Para el desarrollo del estudio se deberá cumplir una serie de fases las cuales se seguirán de forma ordenada hasta las evaluaciones de las características fisicoquímicas y la inocuidad que se podrán realizar de forma simultánea, las fases a seguir son:

FASE 1: revisión documental: se realiza una revisión documental sobre estudios realizados sobre el desarrollo de productos alimenticios y los objetivos del trabajo de investigación.

FASE 2: formulación de los alimentos: se realizará un estudio donde se presenten tres formulaciones para cada producto variando la cantidad de ingredientes.

FASE 3: elaboración de los productos: se realizará el proceso de elaboración de los productos y la documentación respectiva, los cuales serán sometidos a diferentes procesos.

FASE 4: evaluación de las normativas vigentes COGUANOR y RTCA: en dicha fase se realizará una evaluación de las características que deben de cumplir los alimentos desarrollados.

FASE 5: evaluación de las características fisicoquímicas: tal fase consiste en someter a diferentes pruebas fisicoquímicas y análisis las formulaciones realizadas con el fin de caracterizarlas.

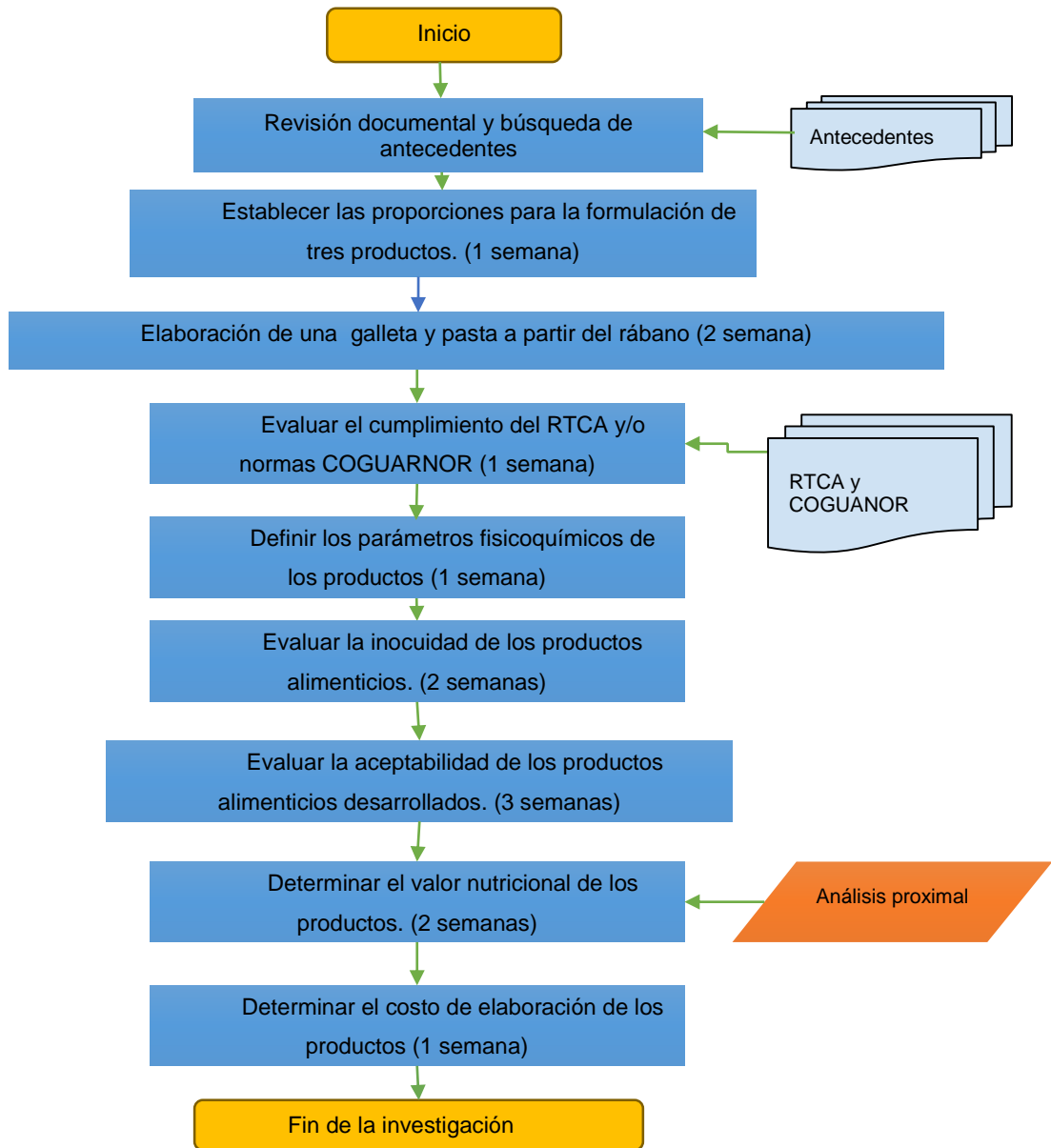
FASE 6: evaluación de la inocuidad de las formulaciones: a las 6 formulaciones se les realizarán exámenes microbiológicos para evaluar su inocuidad.

FASE 7: determinación de la aceptabilidad: consiste en realizar pruebas de aceptabilidad con un panel de consumidores no entrenados.

FASE 8: determinación del valor nutritivo: para la determinación del valor nutritivo se les realizarán exámenes bromatológicos a las formulaciones con mayor aceptabilidad.

FASE 9: cálculo de costos de elaboración: la fase determinará el costo de la elaboración de los productos desarrollados mediante el valor del mercado promedio y recursos utilizados.

Figura 1. Esquema de Solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Desperdicio de alimentos

Durante la cadena de abastecimiento de alimentos desde su cosecha hasta su distribución al consumidor ocurren transformaciones las cuales hacen que en tal cadena se tenga una disminución de la cantidad o calidad, lo cual se denomina una pérdida, mientras que en etapas posteriores a la cadena de abastecimiento depende del comportamiento o utilización del alimento por parte del consumidor y vendedores, por lo que en estas etapas se define como un desperdicio (Parfitt, Barthel & Macnaughton, 2010).

Como ejemplifica Parfitt, Barthel & Macnaughton, en la cosecha se pueden dar un daño por la técnica de cosecha, también los alimentos cosechados pueden ser comidos por roedores, aves o que el momento de cosecha no es el óptimo y la calidad resultante no es la mejor. Durante el almacenamiento se tiene también la presencia de plagas las cuales pueden afectar permanentemente la condición del alimento lo cual lleva a la pérdida. Puede suceder un comportamiento similar posterior a la distribución del productor, en la elaboración de recetas como son los platos tradicionales o nuevos platos, donde entra en juego la mala técnica de preparación y lleva consigo el descarte de estos, al igual que la confusión de consumirlos antes de la fecha de caducidad, por lo que el descarte de estos puede interpretarse como un desperdicio (Parfitt, Barthel & Macnaughton, 2010).

7.1.1. Desperdicio de alimentos en el mundo

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la FAO estima que el 32 por ciento de todos los alimentos producidos en el mundo se perdieron o desperdiciaron en 2009 (Gustaysson, 2011). Las estimaciones de residuos proporcionadas por la FAO tienen muchas incertidumbres, sin embargo, son las estadísticas más completas disponibles actualmente a nivel global.

La estimación de la FAO se basa en el peso. Al considerar el peso, una tonelada de grano es lo mismo que una tonelada de fruta, que es lo mismo que una tonelada de carne. Sin embargo, los tipos de alimentos varían ampliamente en términos de su contenido calórico y de agua por kilogramo. Por ejemplo, un kilogramo de harina de trigo contiene un 12 por ciento de agua y 3.643 kcal, mientras que un kilogramo de manzanas contiene en promedio 81 por ciento de agua y 1.704 kcal (Gebhardt, S. E., Thomas, R. G., & Nutrient Data Laboratory, 2002). En consecuencia, medir por peso no reflejan consistentemente la energía en los productos alimenticios que podría haber sido consumido por personas.

Utilizando las Hojas de balance de alimentos de la FAO, convertimos las estimaciones de pérdida y desperdicio en calorías. Medido de esta manera, la pérdida y el desperdicio de alimentos a nivel mundial equivale aproximadamente a 24 por ciento de todos los alimentos producidos, una menor, pero aún sustancial cantidad (Kummu et al. 2012). Esencialmente, una de cada cuatro calorías de los alimentos producidos para humanos no se consume.

Cualquier esfuerzo para reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos debe comenzar con un diagnóstico de dónde ocurre. Analizando la FAO los datos proporcionan algunos conocimientos. A nivel regional, alrededor del 56 por ciento de la pérdida y el desperdicio total de alimentos ocurre en el mundo desarrollado: América del Norte, Oceanía, Europa y las naciones asiáticas industrializadas de China, Japón y Corea del Sur, mientras que el mundo en desarrollo representa

el 44 por ciento de la pérdida. Sin embargo, América del Norte y Oceanía se mantienen arriba de otras regiones, con alrededor de 1.500 kcal por persona por día perdido o desperdiciado de la granja a la mesa. En términos de etapas de la cadena de valor alimentaria, el 24 por ciento de la pérdida y el desperdicio global de alimentos se dan en la producción, otro 24 por ciento durante la manipulación y almacenamiento, y 35 por ciento en consumo. Estas tres etapas tomadas en conjunto por más del 80 por ciento de la pérdida y el desperdicio de alimentos a nivel mundial (Lipinski et al, 2013).

7.1.2. Desperdicio de alimentos en Guatemala

El Instituto nacional de estadística (INE) realiza un balance anual de la cantidad disponible de alimento para consumo humano (CDAH), cuantificando la producción, importaciones, reducción de inventarios, existencias, y luego se le sustraen las exportaciones, uso de semillas, uso alimentación animal, pérdidas, uso industrial no alimentario, incremento en inventarios o existencias, por lo que el resultado de esta operación es la CDAH.

Para el año 2017 se reportaron pérdidas, mermas y desperdicios entre 490 y 71,000 toneladas métricas de diferentes tubérculos, raíces y hortalizas con una disponibilidad de alimentos de 4.5 kg/per cápita. (INE & SEN 2018).

7.2. Rábano (*Rabanus sativus*)

El rábano (*Raphanus sativus*) es un tubérculo que se cultiva y se consume en todo el mundo y se considera parte de la dieta humana, aunque no es común en algunas poblaciones. Por lo general, la gente come rábanos crudos como verdura crujiente, principalmente en ensaladas, aunque también aparece en

muchos platos europeos. Algunas personas, al menos en Oriente Medio, prefieren beber su jugo en busca de ciertos beneficios para la salud. Los rábanos tienen diferentes colores de piel (rojo, morado, negro, amarillo y de blanco a rosa), mientras que su pulpa es típicamente blanca. Además, la raíz comestible del rábano varía en sabor, tamaño y longitud en todo el mundo. (Banihani, S, 2017)

7.2.1. Valor nutritivo

Los rábanos poseen la característica de estar incluidos en dietas hipocalóricas ya que contiene alrededor de unas 20 Kcal en cada 100 gramos, estos poseen una gran cantidad de agua y minerales, se sabe que contiene en mayor proporción azufre, hierro y yodo. El rábano también contribuye en la dieta con vitamina C. Por lo que favorece la asimilación de hierro en el cuerpo, y tiene excelentes propiedades antioxidantes. (Baninhani, S,2017)

Tabla I. **Valor nutricional de la planta de rábano por cada 100 g**

| Valor nutricional por cada 100 g | |
|----------------------------------|---------------|
| Energía | 16 kcal 66 kJ |
| Carbohidratos | 3.40 g |
| Azúcares | 1.86 g |
| Fibra alimentaria | 1.6 g |
| Grasas | 0.10 |
| Proteínas | 0.68 g |
| Agua | 95.27 g |
| Tiamina (vit. B1) | 0.012 mg (1%) |
| Riboflavina (vit. B2) | 0.039 mg (3%) |
| Niacina (vit. B3) | 0.254 mg (2%) |
| Vitamina B6 | 0.071 mg (5%) |
| Vitamina C | 17.2 mg (29%) |
| Vitamina K | 1.3 µg (1%) |
| Calcio | 25 mg (3%) |
| Hierro | 0.34 mg (3%) |
| Magnesio | 10 mg (3%) |

Continuación de Tabla I.

| | |
|---------|--------------|
| Fósforo | 20 mg (3%) |
| Potasio | 233 mg (5%) |
| Sodio | 39 mg (3%) |
| Zinc | 0.28 mg (3%) |

Fuente: USDA (2020). *Composición nutricional del rábano crudo.*

7.2.2. Propiedades del rábano (*Rabanus sativus*)

En la medicina popular Unani, greco-árabe e india, el rábano se utiliza como remedio casero para tratamiento de muchas enfermedades como ictericia, cálculos biliares, enfermedades del hígado, prolapso rectal, indigestión y otros dolores gástricos (Shuckla et al, 2010). En general, el rábano contiene carbohidratos, azúcares, fibras dietéticas, proteínas e incluso algo de grasa y flúor. Además, contiene varias vitaminas solubles en agua (B1, B2, B3, B5, B6, B9 y C) y minerales (calcio, hierro, magnesio, zinc manganeso, potasio y fósforo) (Khattak, 2011).

Por encima y más allá, se descubrió que el rábano tiene compuestos bioactivos únicos que han sido recientemente reconocidos por tener beneficios potenciales para la salud de los seres humanos. Los principales compuestos bioactivos que se han cuantificado en rábano son glucosinolatos (por ejemplo, glucorafanina, glucorafanina, 4-hidroxi glucobrasicina, glucoerucina, glucorafasatina, glucobrasicina, 4-metioxi glucobrasicina y neoglucobrasicina) y isotiocianatos (p. ej., sulforafeno, sulforafano e indol-3-carbinol) (Ishida et al.,2015).

Es importante mencionar que estos isotiocianatos son productos de degradación resultantes de la hidrólisis enzimática de glucosinolatos por la

enzima mirosinasa, que está presente en el rábano (Malik et al., 2010). De hecho, la mirosinasa de la actividad enzimática también está presente en la microflora bacteriana del colon humano.

Últimamente, varios estudios de investigación han revelado las muchas propiedades para la salud aportadas por el rábano, y algunas de estos estudios incluso han tenido la oportunidad de describir o sugerir, aunque parcialmente, las características de estos efectos. Por ejemplo, metilisogermabullona ($C_{23}H_{31}O_5NS$, MW 433), un bioactivo compuesto aislado del rábano, se encontró que estimula la movilidad del intestino delgado al activar los Receptores acetilcolinérgicos (Jeong et al., 2005). Se descubrió que el isotiocianato de 4-(metiltio)-3-butenilo induce la apoptosis en las células de cáncer de colon humano, lo que reduce el crecimiento celular anormal (Barillari et al., 2008). Además, el sabor picante de rábano se debe a ciertas sustancias químicas (por ejemplo, mirosinasa, glucosinolato e isotiocianato) fabricado por esta planta (Nakamura et al., 2008), algunos de los cuales se sugirió que tenían actividades contra el cáncer.

7.3. Hojas de Rábano (*Rabanus sativus*)

Las hojas tienen mayores cantidades de todos los minerales que las raíces. En las hojas, se descubrió que el calcio es el mineral más abundante con un valor de 752,64 / 100 g, mientras que el cobre fue el menos abundante con un valor de 0,11 mg / 100 g. En cuanto a las raíces, se encontró que el potasio es el mineral más abundante, mientras que el cobre fue el menos abundante. Así, el contenido de calcio en las hojas fue cinco veces más que en las raíces. Los niños, las mujeres embarazadas y lactantes necesitan calcio para el desarrollo de los huesos y los dientes (Sodamode, Bolaji & Adeboye, 2013).

El valor del calcio en las hojas es cercano a la cantidad diaria recomendada de 800 mg por día, tanto para adultos como para niños (NRC, 1989), y es mucho más alto que otras verduras de hoja verde (Guil Guerrero, Giménez Martínez, & Torija Isasa, 1998; Gupta et al., 2005). Además, 100 g de raíces proporcionará casi el 20 % de la dosis recomendada de calcio. El rábano también contiene muchos otros datos valiosos que son beneficiosos para la salud humana, como materia mineral, caroteno, entre otros (Lu et al., 2008).

Las raíces y hojas de rábano presentaron altos contenidos de potasio. Gran cantidad de potasio. En el cuerpo aumenta la utilización de hierro y es beneficioso para las personas que toman diuréticos para controlar la hipertensión y sufren una excreción excesiva de potasio a través de los fluidos corporales. (Sodamode et al., 2013). La cantidad diaria recomendada de potasio es de 2000 mg para adultos (NRC, 1989).

7.3.1. Aplicaciones

Las hojas de rábano pueden utilizarse en la cocina como se acostumbra desde épocas tempranas (TAMU, 2010) ya que se utiliza como platillo en sopas, también se pueden encontrar otros tipos de preparados:

- Sopas: normalmente se utilizan las hojas del rábano enteras para agregarle el cuerpo a las sopas en la cocina, además de proporcionar mayor fibra.
- Batidos: se han encontrado otros usos como incluirlo en batidos donde puede mejorar las propiedades nutricionales de estos, siendo un alimento fácil de consumir.
- Ensaladas: se puede combinar perfectamente con otros tipos de vegetales, tal como la lechuga que ofrece el mismo aspecto y buena combinación con los ingredientes que normalmente son utilizados en las ensaladas

- Cremas. las hojas del rábano pueden ser añadidas a las cremas junto con patatas, cebolla y puerro, los cuales ofrecen frescura a la mezcla.
- Tortilla: se puede utilizar para realizar una mezcla la cual puede incluir huevos, acelga y otras especias, esto para mejorar el valor nutricional de las mismas.

7.4. Harinas

La harina es el producto que se obtiene moliendo granos de trigo o bayas. El grano consta de tres partes distintas: salvado, la cubierta exterior del grano; germen, el embrión contenido dentro del grano; y endospermo, la parte del grano que produce la harina blanca. Durante el proceso de fresado, las tres partes se separan y recombinan en consecuencia para conseguir diferentes tipos de harinas. Esto no tiene ningún efecto sobre los nutrientes o el valor vitamínico. La única pérdida es una pequeña cantidad de vitamina E. Hay seis clases diferentes de trigo: Invierno rojo duro, primavera rojo duro, invierno rojo suave, blanco duro, blanco suave y duro (WFC,2015).

Los productos finales están determinados por las características del trigo, especialmente contenido de proteína y gluten. Cuanto más duro es el trigo, mayor el contenido de proteína en la harina. La harina de trigo blanda y baja en proteínas son utilizadas en galletas, fideos orientales y pasteles mientras que los trigos duros y ricos en proteínas se utilizan en panes y panes rápidos. El trigo duro se utiliza en pasta y fideos de huevo (WFC, 2015).

7.5. Secado

El secado denota la separación de líquidos volátiles de materiales sólidos al vaporizar el líquido y eliminar el vapor. El líquido que se va a eliminar suele ser agua, pero también puede ser un disolvente como alcohol o acetona, o una mezcla de dichos disolventes. El material sólido que se va a secar puede ser un producto natural como la madera, un producto semi acabado o terminado (como el papel). La eliminación de agua de otros fluidos como refrigerantes o de gases, como el gas natural, también se considera un proceso de secado (Tsotsas, Gnielinski & Schlünder, 2000).

La vaporización de líquidos requiere el suministro de calor. En consecuencia, el secado puede considerarse un proceso de separación térmica. La eliminación de líquidos de sólidos sin la aplicación de calor, que es el caso de una centrífuga, no entra en la definición estricta de secado (Tsotsas, Gnielinski & Schlünder, 2000).

El producto que se va a secar se indica como sólido húmedo o simplemente como sólido. La sustancia que transporta el calor necesario se llama agente desecante. Esta sustancia puede ser aire, un gas inerte o vapor sobrecalentado. El calor también podría ser suministrado por radiación, por superficies calientes o por microondas. El contenido de humedad del sólido se indica en kg de líquido por kg de sólido seco. Para la humedad de un agente secante gaseoso en kg de vapor por kg de gas seco (Tsotsas, Gnielinski & Schlünder, 2000).

La primera característica se describe por el equilibrio termodinámico (isotermas de sorción), la segunda por la cinética de la migración del líquido en el interior del sólido (capilaridad, difusión). En cualquier caso, hay que tener en cuenta que el secado no es solo un proceso de separación térmica; también es un medio para fabricar productos específicos e influir en su calidad (Tsotsas, Gnielinski & Schlünder, 2000).

El papel es un ejemplo de un producto tan específico cuya calidad se controla mediante la elección de las condiciones de secado. Además, se debe reducir el riesgo de posibles daños al producto durante el secado. Esto es particularmente importante para productos sensibles como los alimentos. En este contexto, deben tenerse en cuenta un gran número de características del producto que difieren de un material a otro.

7.6. Alimentos formulados

Los alimentos formulados / elaborados son alimentos diseñados y fabricados de acuerdo con un plan a partir de componentes individuales, para producir productos que tienen propiedades físicas, químicas y funcionales específicas (Glicksman, 1963).

El concepto de alimentos elaborados no es nuevo. Estos alimentos han sido parte de nuestra sociedad desde el comienzo de la historia registrada. El alimento fabricado más antiguo conocido es el pan. El pan per se no existe en la naturaleza, y mientras que la naturaleza hizo trigo, maíz, centeno y otros granos de cereales, fue el hombre quien tomó la cosecha y la transformó en un alimento con textura, forma y sabor que lo convertía en un placer comerlo. Históricamente, los alimentos fabricados se desarrollaron inicialmente no para estimular el paladar, sino para utilizar los ingredientes disponibles de una manera conveniente y utilitaria (NDRI, 2000).

Hay dos tipos básicos de alimentos elaborados: los diseñados para simular contrapartes naturales a los que actualmente se hace referencia como "análogos" como la carne y los productos lácteos, y los que no tienen contrapartida en la naturaleza pero que están preparados para dar variedad y sabor a la dieta. Uno de los ejemplos más comunes de este último es el postre de gelatina. Otro producto popular y universal es el helado, diseñado para complacer el paladar

hace cientos de años y probablemente el alimento fabricado más consumido en el mundo (NDRI, 2000).

7.6.1. Ingredientes

Un ingrediente es toda aquella sustancia que está incluida dentro de una mezcla, puede estar especificado dentro de la formulación o puede que no sea intencionado, la mayoría de los productos en el mercado contienen los ingredientes especificados en la etiqueta, existen casos en los cuales estos han sido discutidos por su toxicidad o sus efectos secundarios, actualmente se tiene un listado dentro del RTCA con los ingredientes frecuentes utilizados en los alimentos además de los aditivos los cuales mejoran las propiedades o proceso del alimento(FAO,2001), los ingredientes utilizados en los alimentos elaborados deben estar fácilmente disponibles, ser económicos, seguros y deben cumplir una función útil (NDRI, 2000).

7.6.2. Formulación

La formulación es una actividad tecnológica (existe una diferencia entre la ciencia cuantitativa y tecnología, ciencia cuantitativa significa buscar los mecanismos de los fenómenos, mientras que tecnología significa buscar mejorar la técnica usando la ciencia; ambos son "investigación", contrariamente a la técnica).

Su objetivo es diseñar y fabricar productos, para la artesanía o para la industria. Dado que el uso de los resultados más avanzados de las ciencias cuantitativas puede conducir a nuevas aplicaciones, la formulación se mejora cuando se basa en conocimientos físicos, químicos, biológicos y mientras más avanzados conocimientos utiliza, más avanzada la innovación. En otras palabras: si utiliza conocimientos antiguos, la probabilidad de que la innovación ya se haya hecho a partir de ellos es alta, pero, por el contrario, nadie hizo aplicación si utiliza resultados científicos recién producidos (Agroparistech, 2013).

7.6.3. Aditivos de alimentos

Es una sustancia que normalmente no se incluye en la dieta directamente como cualquier tipo de vegetal, si no que esta se agrega a la fórmula en cantidades pequeñas debido a su pureza y sus efectos que pretenden mejorar o facilitar la fabricación, preparación posterior o en el proceso de elaboración, tratamientos, embalaje o almacenamiento. Es necesario saber si el aditivo causa daños a la salud o si esta dosificado en las cantidades permitidas.

El ente encargado de evaluar que los aditivos alimentarios no sean perjudiciales es el JECFA, este ente aprueba los aditivos a utilizar en los

alimentos comercializados internacionalmente, luego de ser evaluados por el mismo. Esta evaluación está basada en las dosis que se establecen por el CODEX (OMS, 2018).

7.7. Legislaciones aplicables

Cada producto alimenticio desarrollado y su proceso de elaboración debe de estar monitoreado para seguir un comportamiento que obedezca a parámetros establecidos los cuales pueden ser definidos por cuestiones de inocuidad o de calidad por lo que en Guatemala se tienen varios reglamentos y guías como las normas técnicas guatemaltecas a cargo de COGUANOR y el reglamento técnico centroamericano que es compartido en el territorio centroamericano.

7.7.1. Normas COGUANOR

Se tiene establecido en el artículo 1 del decreto No. 1523, que el organismo que desarrolla las actividades de normalización para la mejora y competitividad de las empresas así mismo para elevar la calidad de los productos elaborados es la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), este ente actúa sobre los sectores económicos y las normas que presentan son del tipo técnico elaborados, son de aplicación voluntaria (COGUANOR,2001).

7.7.2. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA)

Se tiene como descripción que el Reglamento tiene como objetivo establecer las disposiciones generales sobre prácticas de higiene y de operación

durante la industrialización de los productos alimenticios, a fin de garantizar alimentos inocuos y de calidad.

Toda industria de alimentos que esté dentro del territorio donde aplica el RTCA debe de obedecer a las disposiciones, las operaciones que se dediquen a la crianza de animales y cultivos quedan excluidas del RTCA de aditivos alimentarios, también aquellos servicios de alimentación al público y expendios los cuales son dependientes de las disposiciones sanitarias.

7.8. Parámetros fisicoquímicos

Son aquellos en los que se debe de basar o tener como característica la unidad o muestra a evaluar, son cuantificables y están asociados a la composición química como propiedades físicas.

7.8.1. Color

Los alimentos pueden poseer una cantidad enorme de componentes, de los cuales pueden ser nutritivos como los glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, estos tienen en el organismo funciones específicas las cuales son esenciales para el metabolismo, además de estos pueden tener otros los cuales son menos importantes, los cuales influyen y determinan las propiedades sensoriales de los alimentos, además de sus sabores también pueden determinar el color o intensidad del color. Este color puede variar debido a las reacciones enzimáticas y pardeamiento lo que puede influir en el impacto del consumidor.

El color de los alimentos es el primer parámetro de calidad evaluado por los consumidores. Lo importante es la aceptación del producto incluso antes de su consumo. La inspección de productos alimenticios se realiza mediante visión artificial, particularmente analizando y procesando las imágenes, donde se deben conocer los parámetros de cada píxel de la superficie del producto grabado. Utilizando diferentes espacios de color se obtiene un valor de color cuantitativo.

Aunque existen muchos espacios de color diferentes, cuando se trata de alimentos, el más utilizado es el espacio de color CIE $L^* a^* b^*$, debido a su distribución uniforme del color y porque su percepción del color es más cercana a la del ojo humano. El espacio de color RGB, donde un sensor en cada píxel registra la intensidad de la luz en el espectro rojo, verde y azul, también es similar a la percepción humana de los colores y también se utiliza con frecuencia. El problema con la escala $L^* a^* b^*$ es que los medidores de color comerciales miden solo una docena de centímetros cuadrados del producto en sí y las medidas no son representativas para la mayoría de los materiales heterogéneos.

7.8.2. Textura

La textura en los alimentos se refiere a las propiedades que los sentidos son capaces de percibir y que producen sensaciones como la suavidad del alimento, jugosidad, granulosis, Mediante la textura también se puede percibir si tiene un alto contenido de agua o grasa, así como algunas características composicionales como las proteínas o almidones. La textura notablemente se considere uno de los factores más influyentes en el consumidor ya que puede fácilmente agrandar al paladar, los aspectos más importantes son:

- Identificación del producto
- Información del estado del alimento
- Influencia en el sabor

- Cantidad de alimento ingerido
- Sensación de saciedad

7.8.3. Humedad

El contenido de humedad es uno de los índices más importantes y más utilizados en el procesamiento y análisis de alimentos. Los términos contenido de agua y contenido de humedad se han utilizado indistintamente en la literatura para designar la cantidad de agua presente en los alimentos y otras sustancias. Debido a que el contenido de materia seca en los alimentos está inversamente relacionado con su contenido de humedad, el contenido de humedad tiene una gran importancia económica para el procesador de alimentos y el consumidor. La cantidad de humedad es una medida del rendimiento y la cantidad de sólidos alimentarios y puede ser un índice directo del valor económico, la estabilidad y la calidad de los productos alimentarios.

La abundancia y reactividad química de la humedad, y la determinación de su cantidad, son de gran preocupación para muchas industrias como la de alimentos, papel y plásticos, donde los niveles aceptables de humedad varían entre materiales y, en algunos casos, cantidades muy pequeñas de humedad puede afectar negativamente la calidad del producto (Park, 2008).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. MARCO TEÓRICO
 - 3.1. Desperdicio de alimentos
 - 3.1.1. Desperdicio de alimentos en el mundo
 - 3.1.2. Desperdicio de alimentos en Guatemala
 - 3.2. Rábano (*Rabanus sativus*)
 - 3.2.1. Valor nutritivo
 - 3.2.2. Propiedades del Rábano (*Rabanus sativus*)
 - 3.3. Hojas de Rábano (*Rabanus sativus*)
 - 3.3.1. Aplicaciones
 - 3.4. Harinas
 - 3.5. Secado

- 3.6. Alimentos formulados
 - 3.6.1. Ingredientes
 - 3.6.2. Formulación
 - 3.6.3. Aditivos de alimentos
- 3.7. Legislaciones aplicables
 - 3.7.1. Normas COGUANOR
 - 3.7.2. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA)
- 3.8. Parámetros fisicoquímicos
 - 3.8.1. Color
 - 3.8.2. Textura
 - 3.8.3. Humedad

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

El estudio a llevar a cabo será de tipo experimental para la recopilación de información y de alcance descriptivo con un enfoque cuantitativo.

9.1.1. Enfoque del estudio

El enfoque del estudio es cuantitativo ya que se analizarán parámetros fisicoquímicos, sensoriales, los exámenes microbiológicos de los alimentos elaborados, además de ello se realizará una evaluación sensorial a través de un panel de consumidores utilizando una escala hedónica.

9.1.2. Alcance del estudio

El alcance del estudio es descriptivo ya que, se realizarán formulaciones de los productos, un análisis proximal a la formulación que tenga la mayor aceptabilidad con su respectivo estudio de aceptabilidad, con esto se obtendrá información sobre el comportamiento de las variables.

9.1.3. Diseño del estudio

El diseño será experimental pues se realizarán las formulaciones de la galleta con la planta de rábano y la pasta con las hojas del rábano, en las cuales se realizarán cambios para cada una y mediante un estudio de aceptabilidad se

recopilará información de su efecto; además será transversal ya que el estudio tiene un tiempo determinado de inicio y de finalización.

9.2. Unidades de análisis

Las unidades de análisis están conformadas por la planta de rábano lo que permitirá la formulación de dos productos a partir de dicha planta. La población para el análisis sensorial estará conformada por consumidores.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla II. **Operacionalización de variables**

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|---|--|---|---|
| Porcentajes de ingredientes para la formulación de dos productos alimenticios | Es el contenido en porcentaje de ingredientes dentro del total de la fórmula. (Martinez, 2011) | Se calcula dividiendo y multiplicando por 100, el ingrediente en gramos(g) dentro del total de la fórmula en gramos(g), con unidad de % | Producto 1: Pasta con hoja de rábano. 1. Fórmula 1: 70 % Harina de durum, 8 % Harina de hoja de rábano, 21 % agua. 2. Fórmula 2: 73 % Harina de durum, 6 % Harina de hoja de rábano, 21 % agua. |

Continuación de la Tabla II.

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|-----------------------|--------------------|----------------------|--|
| | | | <p>3. Fórmula 3: 75 % Harina de durum, 4 % Harina de hoja de rábano, 21 % agua.</p> <p>Producto 2: Galletas.</p> <p>1. Fórmula 1: 57 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 28 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> <p>2. Fórmula 2: 61 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 24 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> <p>3. Fórmula 3: 66 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 19 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> |

Continuación de la Tabla II.

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|---|---|--|---|
| <p>Requisitos microbiológicos y fisicoquímicos de los alimentos</p> | <p>Requisito microbiológico: define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basado en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote y es aplicable a productos comercializados</p> <p>Requisito fisicoquímico: Define los parámetros fisicoquímicos del alimento a cumplir para su denominación. (Martinez 2011)</p> | <p>RTCA 67.04.50:10 6.1 Derivados de cereales.</p> <p>Utilizando la Norma técnica Guatemala NTG 34176 Pastas alimenticias.</p> <p>RTCA 67.04.54:10 15.1 Aperitivos listos para el consumo, Aperitivos a base de patatas (papas), cereales, harina o almidón (derivados de raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas).</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Recuento aeróbico en placa, por gramo (UFC/g) ● Coliformes por gramo (UFC/g) ● <u>Staphylococcus aureus</u>, por gramo (UFC/g) ● Mohos y levaduras (UFC/g) ● <u>Salmonella</u> por 25g (UFC/25g) ● <u>Escherichia coli</u> por gramo (UFC/g) ● % Humedad ● % Cenizas en 100 gramos (g) ● % Grasas en 100 gramos (g) ● % Proteínas en 100 gramos (g) ● % Fibra cruda en 100 gramos (g) |

Continuación de la Tabla II.

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|---|--|---|--|
| Características fisicoquímicas del alimento | Cualidades físicas y químicas que contribuyen a la apariencia o composición del alimento (Dieguez, 2014) | Se realizarán pruebas las cuales caracterizarán al producto elaborado, y darán información técnica más detallada de sus propiedades fisicoquímicas. | <ul style="list-style-type: none"> • Color (CIELAB): $40 < L^* < 60$ $-60 < a^* < 0$ $20 < b^* < 80$ • $A_w < 0.5$ • Tamaño de partícula harina de hoja de rábano μm • Residuo de cocción menos de 6% • Dureza (Kg m s^2), Masticabilidad (kg), Elasticidad (Adimensional) |
| Inocuidad de los alimentos | Es la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan (Giménez, 2010) | <ul style="list-style-type: none"> • Recuento aeróbico en placa, por gramo (UFC/g) • Coliformes por gramo (UFC/g) • <u>Staphylococcus aureus</u>, por gramo (UFC/g) • Mohos y levaduras (UFC/g) • <u>Salmonella</u> por 25g (UFC/25g) • <u>Escherichia coli</u> por gramo (UFC/g) | RTCA 67.04.50:10 <ul style="list-style-type: none"> • Recuento aeróbico en placa, por gramo (UFC/g) $< 10^4$ • Coliformes por gramo (UFC/g) $< 10^2$ • <u>Staphylococcus aureus</u>, por gramo $< 10^3$ • Mohos y levaduras $< 10^4$ • <u>Salmonella</u> por 25g (UFC/25g), ausencia • <u>Escherichia coli</u> por gramo (UFC/g), ausencia |

Continuación de la Tabla II.

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|--|---|--|---|
| Aceptabilidad (Aspecto, olor, sabor, textura, rigidez) | <p>Aspecto: Conjunto de características o circunstancias con que se presenta a la vista.</p> <p>Olor: Sensación que produce el olfato.</p> <p>Sabor: Sensación producida por el órgano del gusto.</p> <p>Textura: Forma en que se presenta la superficie del alimento.</p> <p>Rigidez: Capacidad de resistencia del alimento a doblarse o torcerse. (Gimenez, 2001)</p> | <p>Variables adimensionales, obtenidas mediante panel de consumidores.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Color ● Olor ● Sabor ● Textura | <p>Los puntos a utilizar para evaluar los 5 atributos de ambos alimentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta mucho. 2. Me gusta moderadamente. 3. No me gusta ni me disgusta. 4. Me disgusta moderadamente. 5. Me disgusta mucho. <p>Utilizando análisis de varianza (ANOVA) de 1 factor, Puntuaciones mayores a Me gusta moderadamente se catalogará como aceptado el producto.</p> |
| Valor nutritivo del alimento | Indicación de la contribución de un alimento al contenido nutritivo de la dieta. (Tesauro, 2003) | Mediante análisis proximal se obtiene el valor nutricional en una porción de 100g. | <ul style="list-style-type: none"> ● % Humedad ● Cenizas en 100 gramos (g) ● Grasas en 100 gramos (g) ● Proteínas en 100 gramos (g) ● Fibra cruda en 100 gramos (g) |

Continuación de la Tabla II.

| Nombre de la Variable | Definición teórica | Definición operativa | Indicador |
|-----------------------|---|--|--|
| Costo de elaboración | La suma, de todos los insumos comprados y otros gastos necesarios para producir productos agrarios. (Tesauro, 2003) | Cuantificación de los recursos utilizados y los productos elaborados al final del proceso. | <ul style="list-style-type: none"> ● Costo promedio del ingrediente por volumen de producción (Quetzales) ● Costo promedio del funcionamiento del equipo por volumen de producción (Quetzales) ● Costo por unidades de producidas (Quetzales) |

Fuente: elaboración propia.

9.4. Fases del estudio

FASE 1: revisión documental: se realiza una revisión documental sobre estudios realizados sobre el desarrollo de productos alimenticios, desarrollo de productos utilizando la planta de rábano y las ventajas de su implementación en la formulación, además se revisarán documentos los cuales demuestren la utilidad y beneficio de utilizar partes de hortalizas como parte de la formulación y su impacto en los costos de elaboración o producción.

FASE 2: formulación de los alimentos: se realizará la formulación para la galleta horneada utilizando la planta del rábano, utilizando como base un porcentaje alto de rábano y variando el mismo hasta realizar 3 formulaciones utilizando el Anexo 3, por lo que se realizará el mismo procedimiento para la pasta a partir de las hojas del rábano.

FASE 3: elaboración de los productos: las formulaciones serán elaboradas utilizando el laboratorio de alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos, realizando el proceso de horneado y secado de los productos. La planta de rábano se triturará hasta lograr un tamaño de partícula muy pequeño para secar y lograr obtener un polvo para facilitar su mezcla con los demás ingredientes. La galleta de planta de rábano tendrá un proceso de horneado en el cual se llevará a cabo a tiempo de 10 minutos y temperatura de 360 °F, mientras que para la pasta se llevará a cabo un proceso de extrusión con equipo especial para pastas y corte de 10 cm y espesor de 7 mm para luego ser transportada al secador donde finalizará su proceso de elaboración utilizando una temperatura de 60° hasta llegar a un porcentaje de humedad menor a 10 %.

FASE 4: evaluación de las normativas vigentes COGUANOR y RTCA: esta fase consiste en evaluar el producto con las normativas vigentes ya sea COGUANOR guiándonos por las Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG) y para para el Reglamento técnico centroamericano, Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad, Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, de donde se usará la información recopilada de la FASE 1 para su evaluación de características fisicoquímicas y microbiológicas.

FASE 5: evaluación de las características fisicoquímicas: tal fase consiste en someter a diferentes análisis físico químicos las muestras de los alimentos elaborados, de las cuales se desarrollan análisis de Actividad acuosa, Color, textura para la galleta se analizará la dureza y fracturabilidad mientras que para la pasta la masticabilidad y elasticidad, Granulometría de la harina de la planta de rábano, y el residuo de cocción que se denomina así a la parte que se disocia del cuerpo de la pasta haciendo que su rendimiento disminuya, para esta evaluación se utilizará el Anexo 5 para la galleta y Anexo 6 para la pasta.

FASE 6: evaluación de la inocuidad de las formulaciones: se tomará una muestra a la cual se le realizará un análisis microbiológico en el laboratorio de la Facultad de Veterinaria, se determinará si es apto para el consumo de los evaluadores, además para determinar las características microbiológicas que posee el producto y su cumplimiento con los normativos vigentes utilizando el Anexo 6.

FASE 7: determinación de la aceptabilidad: tal fase consiste en realizar catas donde se reunirá a un grupo de panelistas no entrenados para poder evaluar las características sensoriales de los alimentos, por lo que al sujeto se le proporcionarán muestras de cada formulación y deberá de registrar mediante un formulario donde contiene una escala hedónica de 5 puntos, para luego ser tratado estadísticamente, se utilizará el Anexo 7.

FASE 8: determinación del valor nutritivo: para la determinación del valor nutritivo se les realizará análisis proximal a las formulaciones con mayor aceptabilidad a cargo del Laboratorio de Veterinaria, con lo cual se obtendrán las características fisicoquímicas las cuales dan información al consumidor del contenido de energía y nutrientes que tiene el producto, utilizando el Anexo 8.

FASE 9: cálculo de costos de elaboración: la fase determinará el costo de la elaboración de los productos desarrollados mediante el valor del mercado promedio y recursos utilizados, por lo que es necesario observar las estadísticas del mercado guatemalteco además de obtener una medición precisa de los tiempos de uso del equipo para obtener el consumo de energía utilizado además de tomar en cuenta los aditivos que pueden integrarse a la formulación de cada producto alimenticio, por lo que al final se tendrá un volumen producido del producto, lo que facilitará el proceso de cálculo de costos por unidad producida posterior a la elaboración.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para la presentación de los resultados en la formulación se utilizarán tablas las cuales describirán la composición de las 3 formulaciones para ambos productos, además se utilizará el mismo recurso para presentar los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Para la prueba de aceptabilidad se utilizará:

- Análisis de Varianza: se realizará un análisis de varianza de los datos obtenidos de la evaluación sensorial para observar si se tiene una variación significativa en la evaluación sensorial, las ecuaciones a utilizar son:

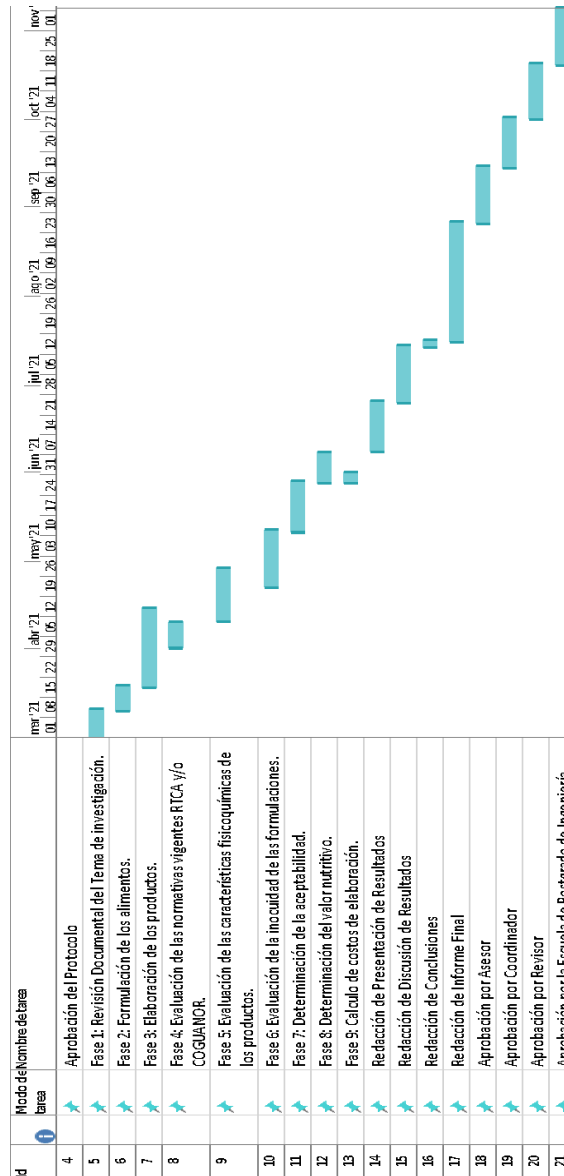
Tabla 1. **Indicadores a utilizar en el análisis de varianza**

| Indicador | Fórmula |
|---------------------|--|
| Media | $\underline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$ |
| Varianza | $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2}{N}$ |
| Desviación estándar | $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2}{N}}$ |
| Grados de libertad | $gl_i = N_i - 1$ |

Fuente: elaboración propia.

11. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma de la investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Tabla IV. Presupuesto de la investigación

| Item | | Cantidad | Costos Q | Fuente de financiamiento |
|---------------------|--|----------|------------|--|
| Recurso Humano | Asesor | 1 | Q 0,00 | Propio |
| | Investigador | 1 | Q 0,00 | Propio |
| | Consumidores | 60 | Q 0,00 | Propio |
| Recursos Materiales | Planta de rábano caja (200-250 unidades) | 7 | Q 500,00 | Propio |
| | Harina de trigo LB | 50 | Q 140,00 | Propio |
| | Harina de trigo durum LB | 50 | Q 155,00 | Propio |
| | Sal LB | 2 | Q 5,00 | Propio |
| | Harina de maíz nixtamalizado LB | 25 | Q 135,00 | Propio |
| Recursos Físicos | Mesa de trabajo | 1 | Q 1.000,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Cristalería | 10 | Q 1.500,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Mortero | 1 | Q 200,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Agua purificada L | 60 | Q 45,00 | Propio |
| | Agua municipal m ³ | 5 | Q 100,00 | Servicio propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Impresiones | 500 | Q 200,00 | Propio |

Continuación de la Tabla IV.

| Item | | Cantidad | Costos Q | Fuente de financiamiento |
|-------------------------|--------------------------------|----------|------------|--|
| | Luz Kwh | 120 | Q 150,00 | Servicio propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Papel Antiadherente 500x30 cm | 4 | Q 230,00 | Propio |
| Análisis de laboratorio | Análisis Químico proximal | 1 | Q 280,00 | Propio |
| | Análisis Staphylococcus Aureus | 6 | Q 360,00 | Propio |
| | Análisis <i>Salmonella spp</i> | 6 | Q 600,00 | Propio |
| Recursos tecnológicos | Computadora | 1 | Q 2.000,00 | Propio |
| | Impresora | 1 | Q 400,00 | Propio |
| | Internet GB | 5 | Q 100,00 | USAC |
| Equipo | Horno | 1 | Q 4.000,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Extrusor de pastas | 1 | Q 400,00 | Propio |
| | Triturador de alimentos | 1 | Q 1.500,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Deshidratador | 1 | Q 4.600,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Balanza analítica | 1 | Q 1.500,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |
| | Pesa | 1 | Q 400,00 | Equipo propio de laboratorio de alimentos USAC |

Fuente: elaboración propia.

El investigador cubrirá el 35,17 % de los gastos de la investigación.

13. REFERENCIAS

1. A Aedo, C. Osyris L. in Castroviejo, S., Aedo, C., Laínz, M., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Paiva, J. & Benedí, C. (1997). *Flora iberica* 8, 149-152. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
2. Agroparistech. (2013, abril). *Formulation, structuring food*. Recuperado 12 de octubre de 2020, de http://www2.agroparistech.fr/IMG/pdf/formulation_en.pdf
3. Ahn, S.-J., Kim, H. J., Lee, N., & Lee, C.-H. (2019). *Characterization of pork patties containing dry radish (Raphanus sativus) leaf and roots*. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 32(3), 413-420. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0384>
4. Ankita, & Prasad, K. (2016b). *Adsorption Studies of Radish Leaf Powder*. MATEC Web of Conferences, 57, 1-6. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20165704002>
5. Araro, T., Gemechu, F., Wotango, A., & Esho, T. (2020). *Chemical Formulation and Characterization of Complementary Foods from Blend of Orange-Fleshed Sweet Potato, Brown Teff, and Dark Red Kidney Beans*. International Journal of Food Science, 2020, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2020/4803839>
6. Banihani, S. (2017). *Radish (Raphanus sativus) and Diabetes*. Nutrients, 9(9), 1014. <https://doi.org/10.3390/nu9091014>

7. Barillari, J., Iori, R., Papi, A., Orlandi, M., Bartolini, G., Gabbanini, S., ... Valgimigli, L. (2008). Kaiware Daikon (*Raphanus sativus* L.) *Extract: A Naturally Multipotent Chemopreventive Agent*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7823-7830. <https://doi.org/10.1021/jf8011213>
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010–2016). *Food Loss and Waste Database [Database Food Loss Percentage by Value of Domestic Production]*. Recuperado de <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/es/>
9. Gebhardt, S. E., Thomas, R. G., & Nutrient Data Laboratory (U.S.). (2002). *Nutritive Value of Foods*. Amsterdam, Países Bajos: Academic Service.
10. Goyeneche, R., Roura, S., Ponce, A., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Uribe, E., & Di Scala, K. (2015). *Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots*. *Journal of Functional Foods*, 16, 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.049>
11. Guil Guerrero, J. L., Giménez Martínez, J. J., & Torija Isasa, M. E. (1998). *Mineral Nutrient Composition of Edible Wild Plants*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11(4), 322-328. <https://doi.org/10.1006/jfca.1998.0594>
12. Gupta, S., Jyothi Lakshmi, A., Manjunath, M. N., & Prakash, J. (2005). *Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy*

vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 38(4), 339-345.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.012>

13. Gustavsson, J. & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Global Food Losses and Food Waste*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.html>
14. INE & SEN. (2018). *Hoja de Balance de Alimentos 2018 INE (HBA 2017)*. Instituto Nacional de Estadística. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/12/27/20191227173152xoNyfwplfoBW1kdUPmnmw7MVW98ZCTepl.pdf>
15. Ishida, M., Kakizaki, T., Morimitsu, Y., Ohara, T., Hatakeyama, K., Yoshiaki, H., ... Nishio, T. (2015). *Novel glucosinolate composition lacking 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in Japanese white radish (*Raphanus sativus* L.)*. *Theoretical and Applied Genetics*, 128(10), 2037-2046. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2564-3>
16. Jeong, S. I., Lee, S., Choi, B. K., Jung, K. Y., Kim, K. J., Keum, K. S., & Choo, Y. K. (2005). *Methylisogermbullone isolated from radish roots stimulates small bowel motility via activation of acetylcholinergic receptors*. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(12), 1653-1659. <https://doi.org/10.1211/jpp.57.12.0016>
17. Khattak KF. *Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan*. *Pak J Pharm Sci*. 2011 Jul;24(3):277-83. PMID: 21715260.

18. Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., & Ward, P. J. (2012). *Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use*. *Science of The Total Environment*, 438, 477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>

19. Lipinski, B. L., Hanson, C. H., Lomax, J. L., Kitinoja, L. K., Waite, R. W., & Searchinger, T. S. (2013). *Installment 2 of "Creating a Sustainable Food Future" Reducing Food Loss and Waste*. *World Resources Institute*, 1-40. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34564759/WRI-UNEP_Reducing_Food_Loss_and_Waste.pdf

20. Lu, Z.-, Liu L.-, Li, X.-, Ging, Y.-, Hou, X.-, Zhu, X.-, ... Wang, L.-. (2008). *Analysis and Evaluation of Nutritional Quality in Chinese Radish (Raphanus sativus L.)*. *Agricultural Sciences in China*, 7(7), 823-830. [https://doi.org/10.1016/s1671-2927\(08\)60119-4](https://doi.org/10.1016/s1671-2927(08)60119-4)

21. Malik, M. S., Riley, M. B., Norsworthy, J. K., & Bridges, W. (2010). *Variation of Glucosinolates in Wild Radish (Raphanus raphanistrum) Accessions*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11626-11632. <https://doi.org/10.1021/jf102809b>

22. Markovic, I. M., Ilik, J. I., & Markovic, D. M. (2013). *COLOR MEASUREMENT OF FOOD PRODUCTS USING CIE L*a*b* AND RGB COLOR SPACE*. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 1-2. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133394685>

23. Moreiras, O., Carbajal, A., Forneiro, L. C., & Vives, C. C. (2009). *Tablas de composición de alimentos / Food Content Charts* (13.^a ed.). Madrid, España: Piramide Ediciones Sa.
24. Munir, M., Ahad, A., Gull, A., Qayyum, A., Siddique, N. R., Mumtaz, A. Qureshi, T. M. (2019). *Addition of Spinach Enhanced the Nutritional Profile of Apricot Based Snack Bars. Pakistan Journal of Agricultural Research*, 32(3), 1-25. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.3.490.497>
25. Nakamura, Y., Nakamura, K., Asai, Y., Wada, T., Tanaka, K., Matsuo, T., ... Ohtsuki, K. (2008). *Comparison of the Glucosinolate–Myrosinase Systems among Daikon (Raphanus sativus, Japanese White Radish) Varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(8), 2702-2707. <https://doi.org/10.1021/jf7035774>
26. National Research Council (US) *Subcommittee on the Tenth Edition of the Recommended Dietary Allowances. Recommended Dietary Allowances: 10th Edition*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1989. PMID: 25144070.
27. NDRI. (2000). *ADVANCES IN FORMULATED FOODS JUNE 19th –JULY 10, 2000*. Recuperado 16 de octubre de 2020, de <http://www.dairyprocessingcaft.com/wp-content/uploads/2013/03/Advances-in-Formulated-Foods-2000.pdf>
28. Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). *Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050*.

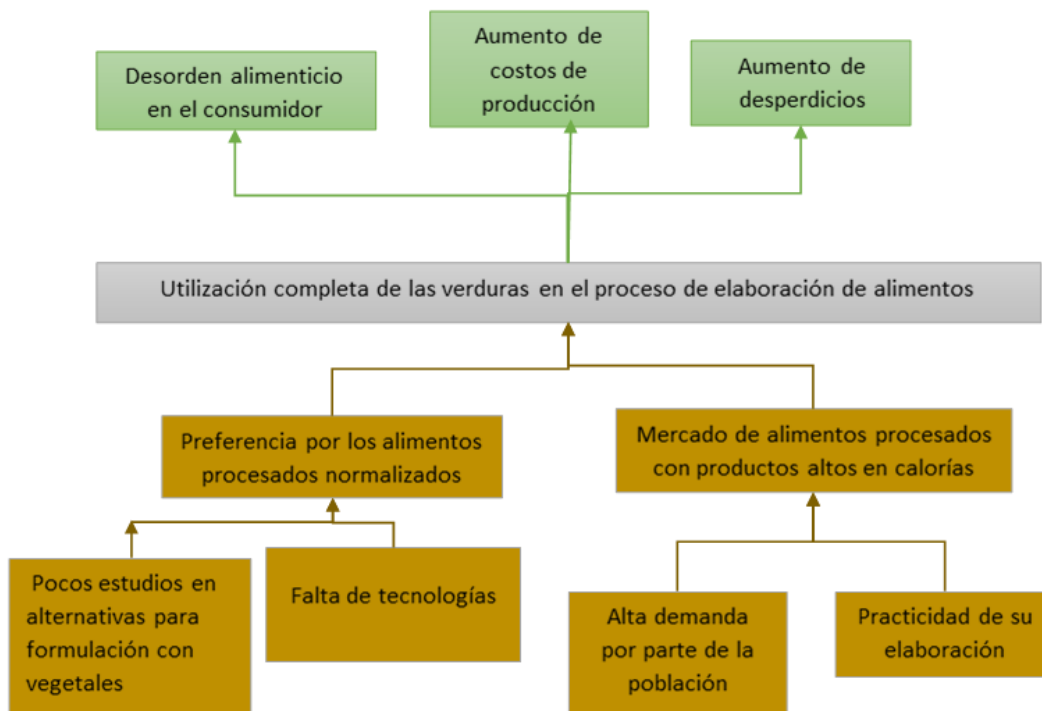
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,
365(1554), 3065-3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>

29. Park, Y. (2008). *Moisture and Water Activity. Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*, 35-67.
<https://doi.org/10.1201/9781420045338.ch3>
30. Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Loarca-Piña, G. (2018). *Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds*. *LWT*, 89, 674-680.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.043>
31. Romero, M. P., Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, & Aimaratti, N. P. (2018). *Desarrollo de un snack saludable a base de zanahorias de descarte*. *Invenio: Revista de investigación académica*, 39, 25-35. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6789775>
32. Schäfer, J., Brett, A., Trierweiler, B., & Bunzel, M. (2016). *Characterization of Cell Wall Composition of Radish (*Raphanus sativus*L. var.sativus) and Maturation Related Changes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(45), 8625-8632.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03693>
33. Shukla, S., Chatterji, S., Mehta, S., Rai, P. K., Singh, R. K., Yadav, D. K., & Watal, G. (2010). *Antidiabetic effect of *Raphanus sativus* root juice*. *Pharmaceutical Biology*, 49(1), 32-37.
<https://doi.org/10.3109/13880209.2010.493178>

34. Sodamode, A., Bolaji, O., & Adeboye, O. (2013). *Proximate analysis, mineral contents and functional properties of Moringa oleifera leaf protein concentrate*. IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC), 4(6), 47–51
35. Texas A&M University. (2010). *Oriental Eat Giant Radishes*. Recuperado 15 de septiembre de 2020, de <https://aggie-horticulture.tamu.edu/plantanswers/publications/vegetabletravelers/radishes.html>
36. Tsotsas, E., Gnielinski, V., & Schlünder, E.-U. (2000). *Drying of Solid Materials*. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 1-20. https://doi.org/10.1002/14356007.b02_04
37. WFC council. (2015). *WFC council: Grains of truth*. Recuperado 13 de septiembre de 2020, de <http://sdwheat.org/new/wp-content/uploads/sites/5/2014/11/grains-truth-wheat-flour.pdf>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2.

Matriz de Coherencia

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TECNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|---|----------------------------------|--|-------------------------------|--|
| <p>Establecer los porcentajes de los ingredientes para la formulación de dos productos alimenticios: una galleta horneada utilizando las hojas y la raíz, y una pasta usando solo hojas del rábano.</p> | <p>Proporción de formulación</p> | <p>Producto 1: Pasta con hoja de rábano.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formula 1: 70% Harina de durum, 8% Harina de hoja de rábano, 21% agua. 2. Formula 2: 73% Harina de durum, 6% Harina de hoja de rabano, 21% agua. 3. Formula 3: 75% Harina de durum, 4% Harina de hoja de rábano, 21% agua. | <p>Búsqueda bibliográfica</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Asignación de los ingredientes ● Se identifican las funciones de cada ingrediente para el producto o el proceso. ● Se realiza la sumatoria de todos los ingredientes y se calcula cada porcentaje. |

Continuación del Apéndice 2.

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TECNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|----------|----------|--|-------------------------|-------------|
| | | <p>Producto 2: Galletas.</p> <p>1. Fórmula 1: 57 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 28 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> <p>2. Fórmula 2: 61 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 24 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> <p>3. Fórmula 3: 66 % Harina de maíz blanco nixtamalizado, 19 % Harina de rábano, 14 % Agua, 1 % sal.</p> | | |

Continuación del Apéndice 2.

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TECNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|--|---|---|---------------------------|---|
| <p>Evaluar el cumplimiento según las normativas vigentes COGUANO R y RTCA.</p> | <p>Requisitos microbiológicos y fisicoquímicos de los alimentos</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Características fisicoquímicas Humedad: 13.5 Cenizas: >10.5 ● Recuento aeróbico en placa, por gramo (UFC/g) <10⁴ ● Coliformes por gramo (UFC/g) <10² ● Staphylococcus Aureus, por gramo < 10³ ● Mohos y levaduras <10⁴ ● Salmonella por 25g (UFC/25g), ausencia ● Escherichia coli por gramo (UFC/g), ausencia | <p>Cuadro comparativo</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Comparar los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas con los requisitos del RTCA y normas COGUANOR |

Continuación del Apéndice 2.

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TECNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|---|--|---|---|--|
| <p>Evaluar las características fisicoquímicas de los productos a desarrollar tales como: Actividad de agua, color, textura, granulometría, entre otros.</p> | <p>Características fisicoquímicas del alimento</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Parámetros fisicoquímicos | <p>Evaluar las características fisicoquímicas de los productos a desarrollar tales como: Actividad de agua, color, textura, granulometría, entre otros.</p> | <p>Características fisicoquímicas del alimento</p> |
| <p>Evaluar la inocuidad de los productos alimenticios a través de exámenes microbiológicos.</p> | <p>Inocuidad de los alimentos</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Parámetros microbiológicos ● Recuento aeróbico en placa, por gramo (UFC/g) $<10^4$ | <p>Evaluar la inocuidad de los productos alimenticios a través de exámenes microbiológicos.</p> | <p>Inocuidad de los alimentos</p> |

Continuación del Apéndice 2.

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TECNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|--|---|---|-------------------------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ● Coliformes por gramo (UFC/g) <math><10^2</math> ● Staphylococcus Aureus, por gramo <math><10^3</math> ● Mohos y levaduras <math><10^4</math> ● Salmonella por 25g (UFC/25g), ausencia ● Escherichia coli por gramo (UFC/g), ausencia | | |
| <p>Determinar la aceptabilidad de los productos alimenticios desarrollados con consumidores.</p> | <p>Aceptabilidad (Aspecto, olor, sabor, textura, rigidez)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Medición cuantitativa a escala hedónica de 5 puntos. | <p>Prueba Hedónica</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Se selecciona y entrena al panel de consumidores. ● Se ejecutan las pruebas hedónicas. <p>Se realizan Análisis de Varianza y Test de tukey.</p> |

Continuación del Apéndice 2.

| OBJETIVO | VARIABLE | INDICADORES | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS | METODOLOGIA |
|--|------------------------------|--|---|---|
| Determinar el valor nutritivo de las formulaciones con mayor aceptabilidad por consumidores. | Valor nutritivo del alimento | <ul style="list-style-type: none"> ● Humedad ● Cenizas en 100 gramos (g) ● Grasas en 100 gramos (g) ● Proteínas en 100 gramos (g) ● Fibra cruda en 100 gramos (g) | Análisis proximal, resultados en Base seca y base húmeda. | <ul style="list-style-type: none"> ● Procedimiento estándar para determinación de cenizas, humedad y fibra cruda. ● Grasas (Método Soxhlet) ● Proteínas (Método Kjeldahl) |
| Calcular el costo de elaboración de los productos alimenticios desarrollados. | Costo de elaboración | <ul style="list-style-type: none"> ● Costo promedio del ingrediente por volumen de producción (Q) ● Costo promedio del funcionamiento del equipo por volumen de producción (Q) ● Costo por unidades de producidas (Q) | Análisis de costos | <ul style="list-style-type: none"> ● Determinación de costos promedios de los ingredientes utilizados en el volumen de producción. ● Determinación de funcionamiento del equipo (Energía consumida por tiempo de utilización e insumos utilizados) ● Determinación del costo por unidad producida. |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4.

Prueba fisicoquímica producto 1

Universidad San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Fecha:



Pruebas Físicoquímicas Producto 1

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Fracturabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Fracturabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Fracturabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Fracturabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5.

Prueba fisicoquímica producto 2

Universidad San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Fecha:



Pruebas Físicoquímicas Producto 2

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Masticabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |
| Residuo cocción | | |

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Masticabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |
| Residuo cocción | | |

| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Masticabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |
| Residuo cocción | | |


| Código: | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Color | | |
| L* | | |
| a* | | |
| b* | | |
| Dureza | | |
| Masticabilidad | | |
| Elasticidad | | |
| Aw | | |
| Residuo cocción | | |

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6.

Análisis microbiológico

| Universidad San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos | | Fecha: |
|--|-----------|---|
| Análisis microbiológico Codigo: | |  |
| Parámetro | Resultado | Observaciones |
| Staphylococcus Aureus UFC/g | | |
| Salmonella spp (Presencia/25g) | | |
| Eschericia coli UFC/g | | |
| Observaciones: | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7.

Evaluación sensorial

Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencia y tecnología de los alimentos



Evaluación sensorial

Fecha: _____ Genero (M/F): _____ Código: _____

Instrucción: Por favor, prueba la muestra e indique su nivel de agrado, marcando con una X que corresponda a su puntaje en la parte izquierda, la reacción que mejor defina su aceptación para cada uno de las muestras.

| MARQUE X | Nivel de agrado |
|---|----------------------------|
|  | Me gusta mucho |
|  | Me gusta moderadamente |
|  | No me gusta ni me disgusta |
|  | Me disgusta moderadamente |
|  | Me disgusta mucho |

Fuente: Adaptado de B. M. Watts(1989). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos.*

Apéndice 8.

Análisis proximal

Fecha:

Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos



Análisis proximal
Codigo:

| Parámetro | Resultado | Observaciones |
|------------------------------------|-----------|---------------|
| Humedad (g) | | |
| Cenizas (g) | | |
| Grasa (g) | | |
| Proteína (g) | | |
| Fibra dietaria total (g) | | |
| Hidratos de carbono disponible (g) | | |
| Energía(Kcal) | | |

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.