

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Mejoramiento del contenido proteico de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) de vaina morada en Mazatenango, Suchitepéquez.

Por:

Meillyn Rocio Hernández Maldonado

Carné: 201841399

DPI: 3271956301018

meillynhernandez@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Mejoramiento del contenido proteico de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) de vaina morada en Mazatenango, Suchitepéquez

Presentado por:

Meilyn Rocío Hernández Maldonado

201841399

Asesores

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Inga. Alma Liliana Esquit Donis

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cerdón Lucero

Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES DE ESTUDIANTES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

A DIOS

Mi padre celestial, por su infinito amor y misericordia, mi fuente de sabiduría. Te dedico este trabajo como muestra de mi gratitud y reconcomiendo. Gracias por ser mi buen pastor y darme la oportunidad de aprender de las ciencias estudiadas en mi formación académica.

A MIS PADRES

Samuel Hernández y Mirta Maldonado, por todo el esfuerzo y sacrificio que realizan todos los días, por estar presentes en cada logro, en cada madrugada y trasnochada, por nunca poner límites a mis sueños y apoyarme constantemente, hoy podemos disfrutar justos este triunfo.

A MIS ABUELITOS

Leandro Maldonado (q. e. p. d.), Magdalena Colop (q. e. p. d.), Margarita Chay, Salomón Maldonado, Martín Hernández (q. e. p. d.), Julia Cel, por todo el esfuerzo y sacrificios que realizaron, por las semillas que sembraron en la vida de mis padres. Hoy esas semillas dan frutos y seguirán dando frutos por muchas más generaciones.

A MIS HERMANOS

Yasmin, Irene y Caleb, gracias por su apoyo en cada etapa de mi vida, por estar en las buenas y en las malas. En especial a Yasmin por su paciencia y acompañarme en este proceso universitario.

A MI FAMILIA

Gracias a los que siempre me dieron palabras de motivación, por sus oraciones. En especial Mis tíos Ingrid Maldonado, Fredy Zum.

AGRADECIMIENTOS

A MIS AMIGAS

Keila Trujillo, Mirna Palacios, Rosa Procopio, Lili Jeátaz, por todos los consejos, apoyo y estar presentes en mi carrera universitaria.

A JENNY HOLLOWAY

Por ser inspiración en mi vida e instarme a alcanzar mis sueños y ser un ejemplo de servicio de nuestro creador y padre celestial.

A VICTOR RAMIREZ

Por todo el apoyo brindado en esta etapa de mi vida y darme palabras de ánimo, siempre estaré agradecida.

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, mi casa de estudios que me brindó la oportunidad de formarme como profesional.

A:

El Centro Universitario de Suroccidente y la Carrera de Ingeniería en Alimentos, por darme un espacio físico para poder desarrollarme como profesional dentro de la rama académica de mayor interés en mi vida.

A:

Docentes de la Carrera Ingeniería en Alimentos, por compartir sus conocimientos en cada etapa de mi formación académica y sus consejos.

A:

Mis asesores, MSc. Edgar del Cid Chacón e Inga. Alma Liliana Esquit Donis, por el tiempo dedicado y los consejos en esta etapa académica.

A:

La Sección Socioeconómica de Bienestar Estudiantil, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por el apoyo económico brindado en mi carrera universitaria, en especial a la Lcda. Magda Martínez por inspirarme a siempre alcanzar mis metas.

Índice

Contenido	Pág.
1. Resumen	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción	3
4. Planteamiento del problema	4
5. Justificación	5
6. Marco teórico.....	6
6.1 Antecedentes	6
6.1.1 Internacionales	6
6.1.2 Nacionales.....	8
6.2 Leguminosas	9
6.2.1 Legumbres.....	9
6.2.2 Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	10
6.2.3 Harinas de leguminosas	15
6.3 Pastas alimenticias	16
6.3.1 Consumo de pastas alimenticias en Guatemala	16
6.3.2 Definición	17
6.3.3 Clasificación	17
6.3.4 Materias primas.....	17
6.3.5 Especificaciones.....	18
6.3.6 Proceso para la elaboración de pastas alimenticias.....	19
6.3.7 Calidad de las pastas	21
6.3.8 Sustitución parcial de harina de trigo en las pastas alimenticias	25

6.4	Alimentos nutricionalmente mejorados	26
6.4.1	Principales características de los ANM según INCAP.....	26
6.4.2	Requerimiento que deben cumplir los ANM según el INCAP.....	27
6.4.3	Clasificación	27
6.4.4	Enriquecimiento de alimento	27
6.5	Evaluación sensorial en alimentos	28
6.5.1	Métodos de test de respuesta subjetiva	28
6.6	Análisis estadístico.....	29
6.6.1	Análisis de varianza	29
6.6.2	Diferencia significativa Honesta (DHS).....	31
7.	Objetivos.....	32
7.1	General.....	32
7.2	Específicos	32
8.	Hipótesis	33
9.	Recursos.....	34
9.1	Humano.....	34
9.2	Institucionales	34
9.3	Físicos	34
9.4	Tecnológicos.....	35
9.5	Materiales y equipo.....	35
9.5.1	Harina de frijol negro.....	35
9.5.2	Pasta alimenticia tipo linguini.....	35
9.5.3	Análisis de proteína.....	36
9.5.4	Evaluación sensorial	36
10.	Marco operativo.....	38

10.1	Fase 1: Elaboración de harina de frijol negro	38
10.1.1	Materia prima.....	38
10.1.2	Proceso de elaboración de harina de frijol negro.....	38
10.1.3	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de frijol negro	41
10.2	Fase 2: Desarrollo de las tres formulaciones de pasta alimenticia.....	42
10.2.1	Materia Prima.....	42
10.2.3	Proceso de elaboración de pasta alimenticia.....	42
10.2.4	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pastas alimenticias	45
10.3	Fase 3: Comparación de proteína.....	46
10.3.1	Análisis de contenido de proteína	46
10.3.2	Método de análisis	46
10.3.3	Preparación de las muestras para laboratorio.....	46
10.4	Fase 4: Evaluación sensorial	46
10.4.1	Estudio de Panel Piloto	46
10.4.2	Boletas de evaluación sensorial	47
10.4.3	Preparación de la muestra	47
11.	Resultados y discusión de resultados.....	49
11.1	Desarrollo de pasta tipo linguini	49
11.2	Contenido de proteína de pasta tipo linguini	52
11.3	Evaluación sensorial	54
11.3.1	Olor	56
11.3.2	Sabor	57
11.3.3	Textura	57
11.3.4	Apariencia	58
11.3.5	Aceptación general.....	59

12.	Conclusiones.....	60
13.	Recomendaciones	61
14.	Referencias	62
15.	Anexos	72
16.	Apéndices	86
17.	Glosario	112

Índice de tablas

Tabla	Pág.
1 Comparación de proteína entre la variedad ICTA Chortí y vaina morada	12
2 Temperatura y tiempo de secado para pastas alimenticias	21
3 Tipos de harinas compuestas	26
4 Modelo de tabulación de datos respecto a panelistas y muestras.....	30
5 Capacidad de absorción de agua de granos de frijol negro.....	38
6 Rendimiento de harina de frijol negro	40
7 Valores de prueba hedónica de siete puntos	47
8 Relación de harina de frijol negro y trigo duro por 400 gramos de mezcla.....	49
9 Formulación de pasta alimenticia	50
10 Datos obtenidos del proceso de secado de prueba piloto.....	51
11 Relación de proteína entre fórmulas planteadas y fórmula testigo	52
12 Requerimiento diario de proteína cubierto por la formulación 601 y 425 de pasta alimenticias tipo linguini, por 100 gramos de alimento.....	53
13 Códigos asignados a cada formulación.....	54
14 Resultados análisis de varianza del panel piloto de evaluación sensorial a pastas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro.....	55
15 Media ponderada para el atributo de olor de las tres formulaciones de pastas alimenticias	56
16 Media ponderada para el atributo de sabor de las tres formulaciones de pastas alimenticias	57
17 Media ponderada para el atributo de textura de las tres formulaciones de pastas alimenticias	58
18 Media ponderada para el atributo de apariencia de las tres formulaciones de pastas alimenticias	59
19 Media ponderada para aceptación general de las tres formulaciones de pastas alimenticias	59

20	Contenido de agua, energía y macronutrientes en 100 gramos de frijol negro.....	74
21	Contenido de minerales y vitaminas en 100 gramos de frijol negro.....	75
22	Contenido proteína de harina de frijol y harina de trigo en 100 gramos	76
23	Contenido de agua, energía y macronutrientes en 100 gramos de pasta cocida	76
24	Requerimiento diario de proteína en adolescentes y adultos.....	85
25	Tabulación de resultados de panel piloto en atributo color.....	101
26	Análisis de varianza de atributo color ($p > 0,05$).....	102
27	Tabulación de resultados de panel piloto en atributo olor	102
28	Análisis de varianza de atributo olor ($p > 0,05$).....	103
29	Análisis de diferencia de medias por prueba de Tukey de olor ($P < 0,05$)	103
30	Tabulación de resultados de panel piloto en atributo sabor.....	104
31	Análisis de varianza de atributo sabor ($p > 0,05$)	105
32	Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de sabor	105
33	Tabulación de resultados de panel piloto en atributo textura	106
34	Análisis de varianza de atributo textura ($p > 0,05$).....	107
35	Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de textura.....	107
36	Tabulación de resultados de panel piloto en atributo apariencia	108
37	Análisis de varianza de atributo apariencia ($p > 0,05$).....	109
38	Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de atributo apariencia	109
39	Tabulación de resultados de panel piloto en aceptación general.....	110
40	Análisis de varianza de aceptación general ($p > 0,05$)	111
41	Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de aceptación general.....	111

Índice de figuras

Figura	Pág.
1 Morfología del frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	11
2 Patrón de aminoácidos esenciales de frijol negro cocido	81
3 Patrón de aminoácidos esenciales del trigo	81
4 Resultados de análisis químico proximal de proteína formulación 179, 601, 425 y harina de frijol negro.....	82
5 Resultados de análisis químico proximal de proteína formulación 597	83
6 Resultados de análisis químico proximal de proteína harina de trigo mezcla 597, 601, 425	84
7 Ficha técnica de harina de frijol negro.....	86
8 Ficha técnica de harina de trigo dura	87
9 Ficha técnica de agua purificada.....	88
10 Ficha técnica de aceite de oliva extra virgen	89
11 Frijol negro de vaina morada.....	96
12 Frijol negro cocido.....	96
13 Proceso de secado de frijol negro.....	97
14 Tamizado de harina de frijol negro.....	97
15 Harina de frijol negro y harina de trigo duro.....	98
16 Mezclas de harinas de frijol negro y trigo duro.....	98
17 Mezcla de materias secas y líquidos.....	98
18 Masa para pastas.....	99
19 Pasta tipo linguini fresca.....	99
20 Pasta tipo linguini seca.....	99
21 Pastas tipo linguini empacada.....	100

Índice de gráficas

Gráfica	Pág.
1 Comparación del porcentaje de proteína.....	52
2 Curva de secado de harina de frijol negro	93
3 Curva de secado de fórmula 527.....	93
4 Curva de secado de fórmula 601.....	94
5 Curva de secado de fórmula 425.....	94
6 Curva de secado de fórmula testigo	95

1. Resumen

El eje principal de esta investigación consistió en el mejoramiento de una pasta alimentaria, en Mazatenango, Suchitepéquez, y para ello fue necesario elaborar la harina de frijol negro de una variedad criolla de vaina morada, requiriendo los siguientes procesos: remojo, cocción, secado y molienda. Con la harina obtenida se prepararon tres formulaciones de mezcla de harina de frijol negro y harina de trigo, las cuales se identificaron con los siguientes códigos: 597 (50:50), 601 (60:40), 425 (70:30) y una formulación testigo a partir de harina de trigo duro identificada con código 179.

Se cuantificó el contenido de proteína por medio del análisis químico proximal a cada una de las tres formulaciones desarrolladas y la formulación testigo, realizadas en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con base a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis alternativa, debido a que cada formulación aumentó su contenido de proteína, siendo mayor al 20 % en comparación con la muestra testigo. Los resultados del contenido de proteína como alimento fueron los siguientes: formulación 597 (50:50 frijol/trigo) contiene 14,39 %, formulación 601 (60:40 frijol/trigo) contiene 18,73 %, formulación 425 (70:30 frijol/trigo) con 22,46 % y la muestra testigo 10,99 %.

Se realizó la evaluación sensorial de las tres formulaciones desarrolladas por medio de un Panel Piloto en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial que se ubica en la Planta Piloto del Centro Universitario de Suroccidente, para lo que se requirió de la participación de 22 panelistas con conocimientos de la Evaluación Sensorial de alimentos. Para la tabulación de los datos se utilizó el diseño experimental con bloques al azar (ANOVA), que según los resultados para el atributo de color no presentó diferencia estadística significativa. Por otro lado, para los atributos de olor, sabor, textura y apariencia se obtuvo una diferencia estadística significativa, y por medio de la prueba de diferencia de medias de Tukey se determinó que la formulación 601 presentó mejores características organolépticas. Cabe resaltar que aporta 70,43 % veces más de proteína que la muestra testigo.

Palabras clave: pasta alimenticia, frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), harina de frijol negro, proteína, evaluación sensorial.

2. Abstract

The main objective of this research was the improvement of a food paste in Mazatenango, Suchitepéquez, and for this it was necessary to elaborate black bean flour from a Creole variety of purple pod, requiring the following processes: soaking, cooking, drying and milling. With the flour obtained, three formulations of black bean flour and wheat flour mixture were prepared, which were identified with the following codes: 597 (50:50), 601 (60:40), 425 (70:30) and a control formulation from durum wheat flour identified with code 179.

The protein content was quantified by means of proximal chemical analysis of each of the three formulations developed and the control formulation, carried out in the Bromatology Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the University of San Carlos de Guatemala. Based on the results obtained, the alternative hypothesis is accepted, because each formulation increased its protein content, being higher than 20% compared to the control sample. The results of the protein content as feed were as follows: formulation 597 (50:50 bean/wheat) contains 14,39%, formulation 601 (60:40 bean/wheat) contains 18,73%, formulation 425 (70:30 bean/wheat) with 22,46% and the control sample 10,99%.

The sensory evaluation of the three formulations developed was carried out by means of a Pilot Panel in the facilities of the Sensory Evaluation Laboratory located in the Pilot Plant of the Centro Universitario de Suroccidente, for which the participation of 22 panelists with knowledge of food sensory evaluation was required. For the tabulation of the data, the experimental design with randomized blocks (ANOVA) was used, which according to the results for the color attribute did not present a significant statistical difference. On the other hand, for the attributes of odor, flavor, texture and appearance, a significant statistical difference was obtained, and by means of Tukey's difference of means test, it was determined that formulation 601 presented better organoleptic characteristics. It should be noted that it provides 70,43% more protein than the control sample.

Keywords: Pasta, black bean (*Phaseolus vulgaris*), black bean flour, protein, sensory evaluation.

3. Introducción

Dentro de la búsqueda de mejorar nutricionalmente los alimentos y dada la importancia del frijol como un alimento rico en proteínas vegetales, fundamental en la alimentación de todas las personas, se ha despertado el interés en la exploración de nuevas fuentes de ingredientes para la elaboración de productos básicos como las pastas alimenticias. En este sentido, se enfocó en el mejoramiento del contenido de proteína de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) de vaina morada, en Mazatenango, Suchitepéquez.

El frijol es una legumbre que es consumida por la mayoría de los guatemaltecos por su alto contenido de proteína; según Villagran et al. (2019), varía entre 22,90 % a 24,50 % en frijol cocido, por lo que se considera la fuente principal de este macronutriente en la alimentación de las personas. Sin embargo, esta legumbre es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), mientras que el trigo, si bien es deficiente en lisina, es rico en aminoácidos azufrados (ver anexo F, p. 81). Las harinas compuestas por una legumbre y un cereal son una buena opción para obtener todos los aminoácidos necesarios para formar una proteína completa con alto valor biológico. Por ello, se desarrollaron tres formulaciones con una proporción distinta de harina de frijol negro y harina de trigo con una relación de 50:50, 60:40 y 70:30 respectivamente, con el fin de encontrar la combinación óptima que permita mantener las características organolépticas de una pasta alimenticia y además mejorar el contenido de proteína que pueda haber en una pasta formulada únicamente con harina de trigo y que sea aceptada por los consumidores.

Se identificó la formulación con las mejores características sensoriales (color, olor, sabor, textura y apariencia) por medio de un Panel Piloto de evaluación sensorial. Asimismo, se cuantificó el contenido de proteína por medio del análisis químico proximal de las tres formulaciones y la formulación testigo. En este contexto, se planteó la hipótesis nula y alternativa que busca demostrar si al menos una o ninguna de las formulaciones propuestas aumentará su contenido de proteína respecto a una formulación testigo a partir de harina de trigo. La presente investigación representa un paso adelante en la búsqueda de opciones alimenticias más nutritivas y sostenibles, contribuyendo a la diversificación de alternativas en la industria alimentaria y a la promoción de una alimentación más balanceada y consciente.

4. Planteamiento del problema

Los cereales como maíz, trigo y arroz son utilizados por la industria alimentaria para la elaboración de varios alimentos, entre ellos las pastas alimenticias que se elaboran a partir de harina de trigo duro o sémola de trigo duro. Sin embargo, las pastas alimenticias secas, según Varela et. al (2019): "Son un alimento no balanceado debido a su bajo contenido de grasa, fibra y bajo valor biológico de la proteína del trigo por su deficiencia en lisina".

La importancia de obtener nuevos alimentos con un contenido de proteínas de alto valor biológico ha llevado a buscar nuevas fuentes proteicas como el frijol negro que contiene 21,80 gramos de proteína por 100 gramos de frijol negro (Raya et al., 2014, 4). Por otra parte, son deficientes en aminoácidos azufrados, principalmente metionina y cisteína, que en combinación con los cereales que aportan estos aminoácidos esenciales dan lugar a obtener una proteína de alto valor biológico.

Las proteínas son indispensables para la salud de las personas y la falta de inclusión de este macronutriente en la dieta es uno de los factores influyentes de los problemas nutricionales, reduciendo la respuesta del sistema inmunológico a las enfermedades, causa pérdida de masa muscular, disminuye el crecimiento de los niños y causa desnutrición u otros trastornos alimenticios (INCAP, 2013).

En las pastas se ha sustituido total o parcialmente la harina de trigo por harinas no convencionales como harinas de garbanzo o lentejas, por ser un alimento con un porcentaje alto de proteínas de origen vegetal. Por otro lado, tecnológicamente esta sustitución disminuye el contenido de gluten, y es importante resaltar que las características organolépticas de una pasta alimenticia dependen principalmente de la glutenina del trigo. Con base a lo expuesto, el interés de la presente investigación plantea darles respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Cuál será el aumento de proteína que se obtenga al formular pastas tipo "linguini" a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro de vaina morada (*Phaseolus vulgaris*) en comparación con una formulación testigo? y ¿Cuál de las formulaciones de pasta alimenticia tipo "linguini" tendrá el mayor grado de aceptabilidad respecto a los atributos de sabor, olor, color, textura y apariencia?

5. Justificación

Las pastas alimenticias tienen un alto nivel de consumo en Guatemala y se presentan en diversas formas. Son un alimento de bajo costo, fácil preparación y almacenamiento. Tradicionalmente, estas pastas se elaboran a partir de harina de trigo duro, que es reconocida como la base de una pasta de alta calidad. Esta investigación tuvo como objetivo principal mejorar el contenido de proteína de una pasta alimenticia.

Es fundamental destacar que las pastas alimenticias gozan de una amplia aceptación y son un alimento importante de la canasta básica de la población guatemalteca, con un 80,00 % de consumo de pastas alimenticias en la dieta de las personas según la investigación realizada por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (Méndez & López, 2022). Las pastas alimenticias elaboradas a base de trigo son fuente principal de carbohidratos con un aporte del 30,50 % y bajo contenido en proteínas con un aporte del 5,80 % (ver anexo C, tabla 23, p. 76). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2019): "La desnutrición se debe a la falta de micronutrientes y proteína en la dieta". Por ello, es necesario crear alimentos de consumo masivo con mayor calidad nutricional para mejorar la salud y el bienestar de la población".

Por tal motivo, sustituir la harina de trigo por otras harinas como la harina de frijol negro en la elaboración de pastas alimenticias daría lugar a un alimento nutricionalmente mejorado, con mayor aporte de proteínas para la alimentación, debido a que las legumbres poseen el doble de proteína que los cereales. Y, por otra parte, la combinación de las legumbres con los cereales mejora su valor nutritivo, asegurando que el organismo obtenga todos los aminoácidos esenciales y mejore la absorción de los micronutrientes.

Con el fin de contribuir a este campo de estudio, se planteó la elaboración de tres formulaciones de pastas alimenticias tipo "linguini", para obtener un alimento con alto contenido de proteína, además de promover la utilización de recursos locales, como el frijol negro, en la producción de alimentos.

6. Marco teórico

6.1 Antecedentes

La investigación se enmarca en el ámbito del mejoramiento de alimentos de consumo popular, utilizando las leguminosas o legumbres como un ingrediente tecnofuncional por su alto contenido de proteínas y almidón, por lo que se han desarrollado diversas investigaciones desde el punto de vista nacional e internacional.

6.1.1 Internacionales

Figuroa, et al. (2023), investigaron el tema "Calidad nutricional y nutracéutica de productos alimenticios artesanales suplementados con harina de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)" publicado en México, el objetivo fue elaborar alimentos artesanales con harina de Frijol y evaluar la calidad nutricional y funcional. Se elaboraron dos tipos de totopos y churros con harinas compuestas de frijol/maíz (50:50 para totopos y 85:15 para churros), utilizando las variedades de Frijol Bayo Zacatecas (BZ) y Negro Frijozac (NF). Los resultados nutricionales en cuanto al contenido de proteína fueron de $13,70 \pm 0,20$ % para los totopos y $14,80 \pm 0,52$ % en los churros. Ambos productos artesanales resultaron ser alimentos con alto contenido de proteína.

Por otro lado, Sánchez et al. (2021) realizaron la investigación "Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol", el estudio consistió en desarrollar una pasta tipo tallarín enriquecida con harina de cotiledones de frijol con la finalidad de evaluar la aceptación y preferencia de compra por parte de consumidores en Zacatecas, México. La metodología utilizada fue realizar una prueba de aceptabilidad con escala hedónica de nueve puntos, para evaluar los atributos de las pastas tipo tallarín, que fue dirigida a 400 personas consumidoras. Los resultados sugieren que los atributos que el consumidor observa y utiliza como atributos de referencia son el color (puntuación de 3,70), la apariencia (puntuación 3,50) y el tamaño de la pasta (puntuación 3,50). Al ser los consumidores informados sobre los beneficios de este alimento, mostraron mayor preferencia por los tallarines enriquecidos con cotiledón de frijol. De acuerdo con el estudio analítico, la pasta presentó cuatro veces menos grasa (2,70 %), dos veces más proteínas (3,60 %) y cuatro veces más minerales (1,60 % de cenizas) en comparación con la pasta testigo elaborada con harina de trigo.

De igual manera, Blandón y Larios (2019), en el artículo "Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la formulación de tortas" de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua, tuvo como objetivo evaluar el uso potencial de harina de frijol rojo de la variedad INTA rojo como sustituto parcial de la harina de trigo en la producción de tortas. La metodología fue elaborar la harina a partir de las operaciones de selección, lavado, remojo, cocción, secado y molienda. La harina de frijol fue caracterizada y se utilizaron cuatro proporciones de inclusión (0, 10, 20 y 30 %). En los resultados del estudio del análisis sensorial se determinó que las tortas elaboradas con 10 % de inclusión de harina de frijol tuvieron la mayor aceptación.

Valle (2019) investigó el "Desarrollo de una pasta tipo corta a partir de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris L.*) y arroz (*Oriza sativa*), que tuvo como objetivo principal desarrollar una pasta a partir de arroz y frijol biofortificado". Se formularon tres tratamientos con diferentes porcentajes de haría de arroz y harina de frijol (80:20, 70:30 y 60:40), para evaluar su microbiología, características sensoriales de aceptación con una escala hedónica de 9 puntos y análisis químico proximal. La pasta que tuvo una mayor aceptación (5,71 puntos) fue la formulada con 60:40 harina de arroz/harina de frijol; el análisis químico proximal tuvo como resultado que la formulación antes mencionada tuvo el mayor porcentaje de proteína (13,42 %) en comparación con la pasta control.

En el proyecto de investigación publicado por Salinas (2017), titulado "Desarrollo de un snack a base de harina de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus Vulgaris*) y harina de maíz nixtamalizado (*Zea mays*)", con el objetivo de desarrollar un snack nutricional horneado tipo nacho a partir de harina de frijol biofortificado Honduras Nutritivo y harina de maíz nixtamalizado dirigido a personas de 18 a 30 años de edad, utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (50:50, 60:40, 80:20, control) de harina de frijol y harina de maíz respectivamente. Se evaluaron las características sensoriales y la composición de proteínas. Los resultados demostraron que al incrementar la harina de frijol se producen colores más oscuros, por lo que los consumidores calificaron de acuerdo con la escala hedónica con "Me gusta poco", siendo el tratamiento control el preferido. El contenido de proteína de la formulación de 80:20 fue de 16,21 g por 100 gramos, teniendo un aporte mayor de proteína a la recomendación de ingesta diaria (RDA).

En la investigación de Figueroa, et al. (2015), "Atributo Nutricional y Nutracéutico de Panque y Barritas a base de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)" en la Universidad de Sonora, México. El objetivo fue desarrollar una barrita y un panqué a base de harina de frijol y evaluar los atributos nutricionales y nutracéuticos. Se utilizó una mezcla compuesta de harinas de frijol negro/trigo de 80:20 para el panqué y frijol bayo/avena/frutos secos de 60:30:10 para las barritas. El resultado de la evaluación del contenido nutricional del panqué de frijol presentó $15,10 \pm 0,21$ % de proteína, mientras que la barrita fue $15,90 \pm 0,42$ %. Se concluyó que la elaboración de nuevos productos a base de leguminosas es importante por su alto potencial rico en proteínas y fibra dietaria.

6.1.2 Nacionales

Barillas (2022), en su investigación "Formulación y evaluación sensorial de una bebida tipo atol a base de maíz (ICTAB-15) y harina de frijol crudo (ICTA CHORTI) dirigida a estudiantes de primaria y madres de familia en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu", tuvo como objetivo general plantear tres formulaciones, enfocadas en obtener una bebida tipo atol de buena aceptación sensorial y facilitar su elaboración para las madres de familia en las comunidades rurales de Guatemala. Las formulaciones de la bebida tipo atol fueron evaluadas mediante un panel de evaluación sensorial por expertos panelistas del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola - ICTA- y 100 estudiantes entre 5 y 12 años, de igual manera 100 madres de familia entre 25 y 65 años. Los resultados demostraron que la formulación con 70 % de maíz y 30 % de harina de frijol cocido tuvo la mejor aceptación de acuerdo con sus atributos sensoriales (sabor, olor, color, textura).

En el estudio de Álvarez (2019), "Formulación y evaluación nutricional de una harina a base de maíz nixtamalizado con frijol tepari (*P. acutifolius*), para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol", con el objetivo de formular una harina a base de maíz (*Zea mays*) nixtamalizado y frijol tepari (*P. acutifolius*) y aplicarlo para la elaboración de alimentos de consumo popular, donde se evaluó la aceptación sensorial con una escala hedónica de 5 puntos con 60 panelistas de la Universidad del Valle de Guatemala, así mismo se realizó el análisis nutricional de la harina más aceptada para los productos elaborados. En conclusión, los resultados obtenidos demostraron que las formulaciones con 80,00 % harina de maíz y 20,00 % harina de frijol blanco fueron las

más aceptadas por los consumidores, en la evaluación nutricional, la formulación más aceptada tuvo un incremento en la cantidad de proteína con $13,85 \pm 0,23$ %.

Por otro lado, Prem (2018), en la investigación "Desarrollo de una premezcla alimenticia de harina de frijol para diabéticos", tuvo como objetivo desarrollar dos productos a base de una harina compuesta de frijol y trigo. Se realizó el análisis químico proximal de la premezcla de harina de frijol para determinar las propiedades químicas y asegurar que cumpla con los lineamientos para diabéticos según la Asociación Americana de Diabetes. Se elaboró una mezcla de 30:70 de harina de frijol y harina de trigo, para la elaboración de panqueques y pasteles; de la misma manera, se evaluaron las características sensoriales a 150 diabéticos con una escala hedónica de tres puntos. Los resultados obtenidos por análisis químico proximal de la premezcla de harina de frijol y trigo fueron los siguientes: proteína 16,00 %, carbohidratos 67,50 %, fibra dietética 15,40 %, grasa 4,00 %, humedad 9,40 % y cenizas 3,10 %. La evaluación sensorial demostró que los panelistas aceptaron la premezcla con una puntuación de 1.9.

6.2 Leguminosas

El término leguminosa proviene del latín *legūmen* que indica fruto alargado o en espiral (fruto en "legumbre" o "vaina") que contiene varias semillas organizadas en fila (Verhelts, 2019, 36).

Las plantas de las leguminosas pertenecen a la familia vegetal *Fabaceae* o *Leguminosae*. Son caracterizadas por un fruto en forma de vaina, con flores y semillas (Villatoro et al., 2022, 5). Desde el inicio de la agricultura han sido cultivadas en diferentes partes del mundo por los seres humanos y ocupan el segundo lugar en cultivo, después de los cereales (INCAP, 2021, 17).

6.2.1 Legumbres

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura define a las legumbres como: "Semillas deshidratadas comestibles de leguminosas, no ricas en grasas, que producen de uno a doce granos de diferente tamaño, forma y color dentro de una vaina" (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016, 13).

De acuerdo con la investigación de Verhelt, (2019, 36) e INCAP, (2021, 17): "Existen más de 20.000 especies de leguminosas, pero solo 20 se consumen como alimento". Las más comunes

son la soja (*Glycine max L.*), el cacahuete (*Arachis hypogaea L.*), las judías (*Phaseolus spp.*), los guisantes (*Pisum sativum L.*), los garbanzos (*Cicer arietinum L.*) y las lentejas (*Lens culinaris Medik.*).

Las semillas de las legumbres se diferencian por el color, la forma, el tamaño y el grosor del tegumento, pero la mayoría de estas tienen una estructura similar, y cuando maduran tienen tres partes estructurales principales: cubierta, embrión y cotiledón donde se concentran las reservas nutritivas (Cristóbal de la Cruz, 2022, 7).

6.2.2 Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

En los países de Centroamérica, la especie *Phaseolus vulgaris* se conoce como frijol; sin embargo, en otros países de Latinoamérica se utilizan términos locales que provienen de lenguas nativas. De acuerdo con la FAO, en una investigación realizada en el 2018, los nombres comunes son: poroto (Bolivia y Perú), bean (Jamaica), fréjol (Ecuador), Chicong o chicun (Guatemala, lengua Ixil), ibal (Guatemala, lengua Man), tut (Guatemala, lengua chuj), habilla (Paraguay), judía, porotillo, vainita o yunya (Perú) (FAO, 2018, p. 6).

Diversas investigaciones realizadas sobre el género *Phaseolus* dan evidencia que tiene origen en Mesoamérica entre los años 5000 y 2000 a.C. (FAO, 2018, p. 7). Las semillas de leguminosas, como el frijol, se presentan en diversas formas y colores. Este alimento básico destaca por su sabor agradable, precio accesible y alto valor nutritivo. Es rico en proteínas, fibra, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos, lo que lo convierte en una fuente importante de nutrientes para la población.

Es la legumbre más consumida en Guatemala, Belice y Honduras. En El Salvador, Nicaragua y Panamá se cosechan, pero su consumo no es muy popular (INCAP, 2021, 26).

6.2.2.1 El frijol en Guatemala. En Guatemala, los principales departamentos productores de frijol según ICTA son: Petén 27 %, Jutiapa 13 %, Chiquimula 10 %, Santa Rosa 7 %, Jalapa 6 %, Quiché 5 %, Alta Verapaz 5 %, Huehuetenango 4 %, Chimaltenango 4 % y el departamento de Guatemala 4 %; sin embargo, el cultivo está distribuido también por todo el resto del país 15 % (Villatoro, 2022, p. 5).

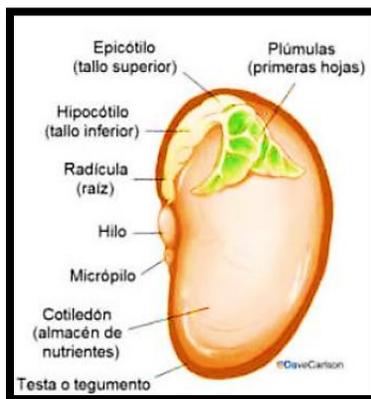
El cultivo de las diferentes variedades de frijol en Guatemala dependerá de su adaptación a la tierra. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas reconoce 31 variedades de frijol negro adaptadas a la tierra, control de enfermedades y que han sido biofortificadas (ver anexo A, p. 72).

Durante el análisis secundario realizado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá —INCAP— se muestra que la legumbre más consumida por la población guatemalteca es el frijol. El 94% de los encuestados reportó el frijol como fuente principal de proteína (Méndez y López, 2022). Es importante mencionar que el valor biológico y la calidad de la proteína vegetal son inferiores a la proteína de origen animal, dada por su patrón de aminoácidos y digestibilidad (Serrano y Goñi, 2004).

6.2.2.2 Morfología. El frijol está compuesto principalmente por tres partes básica: la cascarilla o testa, el cotiledón y el embrión.

Figura 1

Morfología del frijol común (Phaseolus vulgaris)



Fuente: (Hsieh Lo, 2019, p. 5).

El investigador (Hsieh Lo, 2019, pp. 4-5) describe la morfología de esta legumbre de la siguiente manera (ver figura 1, p. 11):

- a. La cascarilla: tegumento exterior que envuelve a la semilla, proporcionándole una protección mecánica; usualmente es duro, coloreado y parcialmente impermeable al agua, permitiendo la absorción por el micrópilo. La cascarilla es rica en

compuestos fenólicos como las antocianinas, catequinas, flavonoles y taninos, los cuales determinan el color de la semilla que varía según sus factores genéticos.

- b. Cotiledón: tiene como función principal ser un almacén de nutrientes; contiene como principal carbohidrato de reserva energética el almidón y como principal proteína de reserva globular la faseolina. Además de compuestos fenólicos (ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos), los cuales pertenecen a la familia de ácidos fenólicos (ver anexo B, p. 73).
- c. Embrión: parte de la semilla que crece convirtiéndose en una planta y está compuesto por la radícula (primeras raíces), plúmula (primeras hojas), el hipocótilo (espacio entre radícula y cotiledones que forma posteriormente el tallo inferior) y el epicótilo (espacio entre cotiledones y la plúmula, formando el tallo superior).

6.2.2.3 Componentes nutricionales principales del frijol. El frijol es una legumbre rica en nutrientes, contiene 22,00 % de proteínas de alta digestibilidad, es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70,00 % de carbohidratos totales y además aporta cantidades importantes de minerales (Ca, Mg, Fe), vitaminas A, B1-Tiamina, B2-Rivoflavina y C-ácido ascórbico. En el anexo C (páginas 74 y 75) puede observarse, la composición nutricional del frijol crudo y cocido según la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica.

- **Proteína.** Las legumbres tales como el frijol son reconocidas por su contenido rico en proteínas, siendo la principal fuente vegetal de proteína en la alimentación del hombre. En la investigación realizada por Villagran et al. (2019), en los municipios productores y priorizados por el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIA-, en el oriente de Guatemala, evaluaron el valor nutricional de la variedad ICTA Chortí ACM y Vaina Morada. De acuerdo con los resultados, se demostró que el contenido de proteína en frijol cocido es el siguiente:

Tabla 1
Comparación de proteína entre la variedad ICTA Chortí y Vaina morada

Preparación	Vaina morada	ICTA Chortí ACM
Cocido	24,50 %	22,90 %

Fuente: Villagran et al. (2019).

En general, las proteínas de almacenamiento del frijol están constituidas principalmente en un 20 a 55,00 % de globulinas, 30,00 al 50,00 % de albumina, 8,00 a 20,00 % de glutelina y 5,00 a 6,00 % de prolamina (Raya et al., 2014, 4).

Las proteínas de las legumbres se caracterizan por tener una digestibilidad inferior a las proteínas de origen animal debido a la deficiencia de aminoácidos azufrados (principalmente metionina y cisteína) (Timothy, et. al, 2016, citado por Álvarez, 2019, p.11). Según la investigación realizada por Cárdenas, et al. (2000) sobre la evaluación de la calidad de cuatro variedades de frijol mejoradas, la digestibilidad de la proteína del frijol se encuentra en 68.76 %” (p. 24).

Las tecnologías avanzadas han permitido la extracción de concentrados y aislados proteicos que se utilizan en la industria alimentaria como mejoradores en la industria cárnica, en fórmulas infantiles, mejoradores de textura en productos de panadería y pastas o en el procesado de quesos. Con la finalidad de ofrecer ventajas económicas, nutricionales y funcionales, manteniendo las cualidades sensoriales deseables y necesarias para la aceptación por el consumidor (Verhelts, 2019, 36).

- **Hidratos de carbono.** Los carbohidratos del frijol son considerados de lenta digestión por su contenido de almidón y fibra. según (Timothy, et. al, 2016 citado por Álvarez, 2019, p.11) la concentración del almidón es de 41,00 % y carbohidratos totales de 65,00 - 69,00 %.

El almidón se clasifica por su digestibilidad: almidón resistente, de rápida y lenta digestión. La mayor parte de almidón es resistente debido a la digestión por la α -amilasa pancreática, por lo que el frijol se considera como un alimento de bajo índice glucémico (INCAP, 2021, 33).

El almidón se encuentra localizado dentro de unos pequeños gránulos que presentan estructura cristalina, observados por microscopía con luz polarizada. Estos gránulos no son solubles en agua fría, aunque pueden absorber cierta cantidad de agua originando un pequeño hinchamiento; si son sometidos a altas temperaturas, experimentan un ligero aumento de la viscosidad, debido a la formación de un gel por la adhesión de unos gránulos a otros.

Las fibras alimentarias son resistentes a la digestión y absorción del intestino delgado, según Serrano y Giño, (2004), el frijol negro cocido contiene un 4,50 % y 22,60 % de fibra dietética soluble e insolubles, respectivamente. El consumo de legumbres por su contenido de fibra produce una mayor saciedad y mayor tiempo de ingestión.

- **Micronutrientes.** El consumo de frijol negro en la población de Guatemala aporta el 15,90 % de zinc, 19,10 % de hierro y 134,40 % de ácido fólico (Serrano y Giño, 2004). Aunque el contenido de hierro es alto, tiene baja disponibilidad debido a la presencia de otros componentes no nutritivos presentes en los frijoles que, al combinar las legumbres con alimentos ricos en vitamina C, la absorción de hierro aumenta (INCAP, 2021, p 34). En el anexo C (página 75) puede observarse la composición de micronutrientes del frijol crudo y cocido según la Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica.
- **Compuestos fenólicos.** Los compuestos fenólicos son los responsables del color y sabor de las diferentes variedades de frijol; Aguilera, (2009, 49) describe que: “Los compuestos fenólicos contribuyen a las cualidades sensoriales de los alimentos, a sus propiedades farmacológicas y a su valor nutricional, lo que justifica su importancia en los alimentos”.

Según varias investigaciones realizadas (A. Martínez et al., 2004 y J. Martínez, 2013) fueron identificados los siguientes compuestos fenólicos: delphinidina 47,00 %, petunidina 22,00 % y malvidina 15,00 %, y se demostró que el tratamiento térmico excesivo o tiempos largos de contacto térmico a altas temperaturas son los principales responsables de la inestabilidad de antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos, lo que puede estar asociado a la baja calidad organoléptica del producto procesado industrialmente.

- **Componentes antinutricionales.** Las principales sustancias químicas que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol son los inhibidores de tripsina, los taninos, los oligosacáridos, las lectinas y el ácido fítico. Los oligosacáridos, como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, son los que provocan problemas de indigestión a no ser hidrolizados en la primera etapa de la digestión. Sin embargo, las técnicas culinarias de preparación de los frijoles, como el remojo y la cocción, eliminan o disminuyen radicalmente la presencia de dichos antinutrientes (Ulloa et al., 2011, 7).

6.2.2.4 Formas de consumo del frijol. El procesamiento artesanal o industrial de las legumbres es muy importante debido a que está demostrado que los compuestos antinutricionales que estas naturalmente poseen se eliminan o inactivan mediante algunos procesos como cocción, remojo y tostado; mejorando su valor nutricional (Martínez, 2013, 6).

Según el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá -INCAP- los procesos más adecuados son los siguientes (INCAP, 2021, p.84-85):

- Antes de preparar las legumbres, se deben limpiar, lavarse con agua fría y limpia. Esto ayudará a retirar los contaminantes físicos.
- Se recomienda dejarlas en remojo antes de su preparación (12 horas), descartar el agua y agregar agua limpia para la cocción. El remojo es un proceso de hidratación de las semillas, haciéndolas crecer alrededor del doble de su tamaño, permitiendo reducir el tiempo de cocción e inactivar algunos componentes antinutricionales.
- La cocción se puede realizar en olla, olla exprés o tostado, el método dependerá del consumo o uso de la legumbre.

Las formas de consumo varían según las culturas y la región. La población guatemalteca acostumbra a preparar frijoles en caldo o parados, colados, volteados o refritos, en tamalitos y otros platillos típicos.

6.2.3 Harinas de leguminosas

Las harinas de leguminosas son una opción para la formulación de alimentos libres de gluten, que se caracteriza por ser obtenida por medio de la molienda de las semillas o granos. Durante el proceso de obtención de las harinas, antes de la molienda las semillas son escaldadas, sometidas a remojo y cocción, con el objetivo de eliminar buena parte de las sustancias antinutritivas presentes en las leguminosas; luego los granos son secados, molidos y tamizados (Torres, et al., 2014).

6.2.3.1 Propiedades tecnofuncionales de las harinas de leguminosas. Se definen propiedades tecnofuncionales como: “Las propiedades fisicoquímicas que proporcionan información sobre cómo un ingrediente en particular (proteína, carbohidrato) podría comportarse en una matriz alimentaria. Dichas propiedades se establecen por la composición y estructura

molecular de los componentes individuales y de las interacciones que se establecen entre ellos” (Sarmiento, 2012, 49).

Las propiedades tecnofuncionales de las leguminosas han adquirido una gran importancia debido al incremento en el uso de harinas para el desarrollo de formulaciones de alimentos. Aguilera (2009) menciona que: “Las propiedades tecnofuncionales proporcionan una serie de datos relevante en la formulación de alimentos, que pueden ser utilizados como guía en el desarrollo de productos, especialmente en harinas mixtas de trigo-leguminosas, donde las proteínas se utilizan como principales ingredientes funcionales (p. 78)”.

6.3 Pastas alimenticias

La pasta es un alimento nutritivo que contiene carbohidratos complejos y es baja en grasa, esto debido a la naturaleza de las materias primas con las que son convencionalmente elaboradas. Es un alimento de bajo costo, fácil de preparar, versátil y que puede ser consumido por todas las personas.

La elaboración de pastas alimenticias a base de trigo es una tradición antigua que se mantiene en países donde se cultiva este cereal y en los que se exporta. Sin embargo, en la actualidad, se desarrollan pastas alimenticias a partir de otros cereales como alternativas con mejores aportes nutricionales.

6.3.1 Consumo de pastas alimenticias en Guatemala

Según el estudio del Ministerio de Economía [MINECO] (2018): “La industria de pastas alimenticias en Guatemala es una categoría que ha tenido una evolución importante durante los últimos años por la diversidad de productos que se muestran en las estanterías de los supermercados actualmente”. En el año 2014, el patrón alimentario guatemalteco, según el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá: “el 76.6% - 80% de la población guatemalteca consume pastas, y este porcentaje depende del nivel socioeconómico, grupo étnico y área de residencia (rural o urbana)” (Méndez & López, 2022).

6.3.2 Definición

Según la norma COGUANOR NGO 34176 “Pastas alimenticias. Especificaciones” se puede definir a las pastas alimenticias como aquel producto obtenido por la deshidratación de porciones en formas variadas de masa preparada con: sémola o semolina de Trigos duros o de Trigo durum, sémola o semolina de Trigo no durum, harina de Trigo duro o de Trigo durum, harina de Trigo no duro o de Trigo no durum, maíz, arroz, o cualquier otro cereal diferente al Trigo, soya o la combinación de estas, con agua y con o sin uno o más de otros ingredientes opcionales (p. 1).

La norma COGUANOR NGO 34 176 “Pastas alimenticias y sus especificaciones” establece los siguientes aspectos (p. 2-4):

6.3.3 Clasificación

De acuerdo con la norma antes mencionada, las pastas alimenticias se clasifican:

6.3.3.1 Por sus ingredientes. Las pastas alimenticias se clasifican como: pastas alimenticias corrientes, pastas alimenticias al huevo, pastas verdes, pastas enriquecidas.

6.3.3.2 Por su forma de presentación. Las pastas alimenticias se clasifican como: macarrones, canelones, codos, espaguetis, fideos de pelo, tallarines, chao mein, tallarines orientales o tallarines chinos, lasaña, pasta, pastas para sopa.

6.3.4 Materias primas

Para la elaboración de las pastas alimenticias se emplean los siguientes ingredientes:

6.3.4.1 Ingredientes específicos

- Sémola o semolina de trigo duro o de trigo durum (*Triticum durum*), sola o mezclada con semolina de trigo no duro o no durum (*Triticum aestivum* o *Triticum durum*), de tamaño uniforme, libre de salvado y otros desechos, con no más de 14.5% de humedad o no más de 5% de harina.
- Agua potable que cumpla con las especificaciones.
- Harina de arroz, maíz o cualquier otro cereal diferente de trigo (en este apartado se incluyen el arroz, soya y otros tipos de cereales).

- Harina de trigo fortificada, que cumpla con el RTCA Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones, en su edición vigente.

6.3.4.2 Ingredientes opcionales

- Huevos, claras de huevo, yemas de huevo, en estado fresco, deshidratado o congelado.
- Sal, que cumpla con las especificaciones
- Harina de trigo fortificada, que cumpla con las especificaciones de la norma COGUANOR NGO 34083
- Vegetales, por ejemplo: zanahoria, tomate, espinacas, remolacha, entre otros. Frescos, deshidratados, congelados o en pasta
- Minerales y vitaminas
- Otros ingredientes de calidad comestible, cuyo uso sea reconocido en la elaboración de pastas alimenticias

6.3.5 Especificaciones

6.3.5.1 Características generales. Las pastas alimenticias deberán ser elaboradas con ingredientes limpios, sanos, libres de contaminantes y de insectos en cualquiera de sus etapas evolutivas; la elaboración y el envasado deberán llevarse a cabo bajo estrictas condiciones higiénicas sanitarias.

6.3.5.2 Características sensoriales. El producto deberá presentar aspectos prácticamente uniformes en cuanto a apariencia, tamaño y forma; deberá estar prácticamente libre de unidades quebradas y libre de olor mohoso, rancio, fermentado o cualquier olor extraño. El producto, luego de ser cocinado en las condiciones que aparecen descritas en el envase de este, deberá conservar su forma, tener cierta firmeza, haber desarrollado el olor y sabor característico del producto y no deberá ser pastoso ni poseer olor o sabor extraño.

6.3.5.3 Contenido de vegetales. Las pastas elaboradas con vegetales deberán elaborarse con un mínimo de 3% en masa.

6.3.6 *Proceso para la elaboración de pastas alimenticias*

La transformación de las harinas en una pasta alimenticia se puede realizar con procesos artesanales e industriales. Los procesos principales artesanales son: mezclado, amasado, formado y cocción. El procedimiento industrializado se basa en la extrusión, donde se emplean altas presiones para darle forma a la pasta y luego se procede al proceso de secado (Quero, 2016).

De acuerdo con los autores Acosta (2007) y Aranibar (2017), el proceso de elaboración es el siguiente:

6.3.6.1 Mezclado. El proceso de mezcla es fundamental en la elaboración de pastas alimenticias, consiste en mezclar la cantidad determinada de harina, con los demás ingredientes con una cantidad de agua según la formulación, removiendo el conjunto con intensidad para obtener un producto completamente homogéneo, sin la presencia de grumos. Este proceso se puede realizar por dos métodos distintos: a mano directamente y dispositivos mecánicos accionados manualmente.

6.3.6.2 Amasado. El amasado garantiza la mezcla de los componentes, para formar una masa, hasta que tenga las mejores propiedades reológicas (firmeza, cohesión y elasticidad). Al realizar este proceso manualmente, la intensidad y la duración del amasado determinarán la calidad de la masa. El amasado tiene como objeto la formación del gluten y depende del manejo de variables como: temperatura del agua ($<45^{\circ}$), velocidad y tiempo de amasado. El tiempo de amasado debe ser corto (10 a 15 min), solo hasta que el gluten de la masa se desarrolle parcialmente.

Durante el amasado, la cantidad de agua absorbida dependerá de la granulometría y contenido de proteínas de las harinas. Las proteínas (gliadina y glutenina) se combinan entre sí, desarrollándose la red de gluten y el almidón absorbe agua y se hincha.

6.3.6.3 Reposo. El reposo permite que se acelere la hidratación de las partículas de harina y se distribuya el agua homogéneamente. El tiempo de descanso favorece la relajación de la estructura del gluten, facilitando el manejo de la masa durante el laminado.

6.3.6.4 Laminado y moldeado. El principal objetivo de esta operación es dar forma a la pasta. Este proceso se puede realizar de forma industrial o artesanal:

- a) **Extruido:** para este proceso se deja caer la masa por la tolva y a la salida de los cilindros la masa estará refinada y se recoge para ser llevada a la moldeadora para que se lleve a cabo el laminado (Aranibar, 2020, p. 18).
- b) **Laminado:** en el laminado, un buen nivel de extensibilidad de la masa asegura que la lámina no va a encogerse durante las sucesivas pasadas por los rodillos de la laminadora, donde luego se obtendrá una pasta con una forma definida de acuerdo con el tipo de pasta que se realice (larga, corta, rellena).
- c) **Moldeado:** la masa ya, laminada o extruida con la forma requerida, se coloca sobre unas mesas de superficie plana, cortándose cada lámina con moldes o cortadores de pasta.

6.3.6.5 Presecado. Las pastas ya formadas y cortadas son sometidas a un presecado con el objetivo de evitar la deformación, reducir la humedad inicial un 10 % y evitar que se peguen entre sí. Durante este proceso no se debería secar con rapidez en relación de la superficie y al interior de la pasta, debido a que podrían ser causa de deformaciones y grietas en el producto final.

6.3.6.6 Primera fase de secado. Existen diferentes alternativas de secado, en diferentes condiciones, dependiendo del tipo de pasta que se debe secar, como se muestra en la tabla 2 (página 21).

El objetivo principal de esta etapa es el siguiente:

- Remover grandes cantidades de agua en un tiempo relativamente corto, para evitar la fermentación
- Hacer la pasta elástica y prácticamente a prueba de deformaciones durante las etapas posteriores
- Utilizar una temperatura alta para secar la pasta en menor tiempo y también protegerla del peligro de enmohecimiento u otros microorganismos
- Incrementar la velocidad del proceso de secado

En la primera fase de secado, se realiza a una humedad y temperatura relativamente alta (por ejemplo 75,00 -85,00 % HR, 30,00 – 40,00 °C) con períodos de mínima circulación de aire para darle tiempo a la difusión del agua desde el interior hacia la superficie de la pasta.

Tabla 2
Temperatura y tiempo de secado para pastas alimenticias

Proceso	Pastas cortas		Pastas largas	
	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
Temperatura convencional de secado	8,00	55,00	16,00	55,00
Temperatura alta de secado	4,50	55,00-75,00	10,00	55,00-75,00
Muy alta temperatura de secado	2,50	74,00-100,00	5,50	74,00-100,00

Fuente: (Acosta, 2007, p. 41).

6.3.6.7 Fase final de secado. En la fase final de secado, se aplican temperaturas más altas y aire seco (por ejemplo 40,00 - 50,00 °C, 55,00 -60,00 % HR) para completar la etapa de secado. El propósito principal es el siguiente:

- Llevar el contenido de humedad final del producto a un porcentaje aproximado de 12,00 - 13,00 % de humedad
- Tener un balance en los contenidos de agua residual entre la parte interna y externa de las formas de las pastas sin agrietar o producir cualquier tipo de rayas en la pasta
- Evitar la fabricación de pasta ácida o mohosa.

6.3.7 *Calidad de las pastas*

6.3.7.1 Calidad de las pastas crudas. Los parámetros de mayor relevancia para determinar la calidad de la pasta son los aspectos visuales: color, aspecto, textura, pegajosidad, adhesividad, firmeza, cohesividad y elasticidad de la pasta.

- **Color.** El color está influenciado por las características de la sémola que se utilizan en su elaboración, el tipo de molienda y la contaminación con salvado. La medida de color en la pasta seca depende de la forma de la pasta, según Acosta, (2007): “Las técnicas espectrofotométricas, expresan el color de la sémola o de la pasta empleando colores triestímulo L^* (registra el brillo de la muestra), a^* (tono de amarillo) y b^* (tono rojo/marrón) (p. 44).
- **Aspecto.** Los aspectos influyen en la aceptación del consumidor por el alimento. El agrietamiento, manchas y decoloración son defectos que se dan en las pastas secas por causa de un mal secado y mal almacenaje después del empaquetado (Aranibar, 2017, p. 41). De igual manera, el autor Acosta, (2007) describe:

“La pasta cruda, debe tener consistencia dura, ser fuerte mecánicamente, debe conservar su tamaño y forma durante el empaque y transporte. No debe presentar agrietamiento, burbujas o puntos blancos en su superficie. Las pastas de mala calidad tienen un color opaco pudiendo incluso presentar una matriz gris y romperse con facilidad (p.41).”

- **Textura.** Una pasta de buena calidad cumple con una textura de superficie lisa, ausencia de grietas y manchas, coloración y firmeza adecuada, ausencia de pegajosidad, escasa pérdida de materia durante la cocción, buen hinchamiento, aroma y gusto característico. De acuerdo con Aranibar, (2017, p. 41), la textura de la pasta depende de cuatro factores:
 1. Firmeza: el grado de resistencia a la primera mordida.
 2. Cohesividad: indica la fuerza de las uniones internas que mantiene la estructura de la pasta, después de la cocción es fácil detectar una pasta de mala calidad debido a la descomposición que presenta tras la cocción.
 3. Elasticidad: muestra la capacidad de la pasta deformada para recuperar su aspecto inicial.
 4. Pegajosidad: presenta la fuerza con la que la superficie de la pasta, después de cocida se adhiere a otros materiales.

6.3.7.2 Calidad de cocción de las pastas. Según Mora, (2012): “se considera como la capacidad del producto de mantener una buena textura después de la cocción y no convertirse en una pasta pegajosa y espesa (p. 27)”. La calidad de cocción es un aspecto de interés en la

elaboración de las pastas alimenticias, se evalúa mediante su comportamiento reológico, la firmeza después de la cocción y las condiciones de superficie de la pasta cocinada. De acuerdo con Leyva, (2015, p. 118-121) los parámetros de cocción son los siguientes:

- **Tiempo de cocción.** Es el tiempo empleado para la gelatinización total del almidón presente, la pasta debe tolerar un calentamiento en agua a ebullición por un tiempo de 10 minutos, manteniendo su forma y sin ponerse pegajosa ni desintegrarse.
- **Porcentaje de sedimentación.** Es el volumen en mililitros que ocupa el sedimento producido por la pasta durante el cocimiento. Este sedimento está constituido principalmente por almidón perdido por la pasta por efecto de la cocción y un menor porcentaje de este indica una mayor calidad del gluten y, por lo tanto, de semolina. El agua en cocción debe quedar libre de almidón, cuando más turbia sea, más almidón se habrá disuelto del presente en la matriz proteica.
- **Índice de tolerancia a la cocción.** Es el tiempo en que la pasta empieza a romperse por acción del cocimiento, menos su grado de cocimiento. Cuanto más resistente sea la pasta, más tardará en empezar a romperse, lo que está relacionado con las características del gluten fuerte, que es un indicador de la calidad de la semolina. La pasta debe ser resistente al exceso de cocción.
- **Ganancia de peso.** Es la cantidad de agua absorbida por el producto durante su cocimiento. Un buen producto absorbe por lo menos el doble de su peso en agua.
- **Grado de hinchamiento.** Los productos de alta calidad aumentarán de tres a cuatro veces su volumen original, o al menos duplicarán su tamaño.

6.3.7.3 Características sensoriales. La evaluación sensorial es la prueba más confiable porque permite una evaluación integral de las características de la pasta cocida. Existen dos clasificaciones principales de pruebas sensoriales, las analíticas y las afectivas.

- Las pruebas analíticas pueden ser discriminativas y descriptivas, ambas se realizan con panelistas experimentados o entrenados.

- Las pruebas afectivas son usadas para evaluar la preferencia y/o aceptación de productos. Los panelistas no son entrenados, son seleccionados de un conjunto amplio de tal manera que represente a una población.

La textura es un aspecto de calidad que está relacionado tanto con el tiempo de cocción y el tiempo que transcurre entre la cocción y su valoración. La textura se puede describir en los siguientes atributos según Acosta, (2007, p. 49-50):

- Firmeza: resistencia inicial que ofrece la pasta cocida en la penetración cuando se aplasta entre los dedos o cuando se muerde.
- Pegajosidad: sensación global de la pasta en la boca junto con el almidón residual que permanece en la boca después de tragar.
- Abultamiento: es el grado de adhesión de las hebras de pasta después de la cocción y es evaluado manual o visualmente.
- Adherencia a la lengua: es el grado de humectación superficial que presenta la pasta al ser colocada sobre la lengua, es decir la facilidad de movimiento de esta cuando se coloca sobre la lengua sin ser masticada.
- Consistencia o jugosidad: es la capacidad que tiene la pasta de liberar agua al ser masticada dos veces con los molares.
- Pastosidad: es la rapidez con la que una pasta forma una pasta al ser masticada más de dos veces.

Otros aspectos muy importantes para evaluar son el olor y el sabor. La evaluación sensorial de las pastas en comparación con una muestra estándar o control detectará si existe variaciones en los sabores básicos. También señalará la presencia de olores anómalos o desagradables debido a las materias primas o a la contaminación del producto.

6.3.8 Sustitución parcial de harina de trigo en las pastas alimenticias

6.3.8.1 Papel del gluten en la industria de las pastas. El gluten es un material proteínico con propiedades cohesivas y visco elásticas, presente entre los gránulos de almidón en los cereales como el trigo, cebada y centeno (Luna, et al., 2016, 13). En la investigación realizada por Vicente, et al. (2017), describen que:

“El gluten se transforma en un material gomoso y elástico que adquiere la capacidad de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares, en las pastas estas propiedades son fundamentales para su papel como matriz continua que atrapa y encapsula el almidón, manteniendo la forma del producto durante su elaboración y cocción (párrafo 8)”.

6.3.8.2 Las proteínas del gluten. De acuerdo con varios autores (Luna, et al., 2016 y Vicente et al., 2017): Las proteínas del gluten son proteínas de reserva del trigo, se encuentran formadas por gliadina (43 %) que son mezcla de polipéptidos monoméricos y las gluteninas (39 %) que son polipéptidos asociados por puentes disulfuro intermoleculares, siendo las primeras las responsables de brindar viscosidad/ extensibilidad a la masa y las segundas elasticidades/tenacidad.

6.3.8.3 Sustitución del gluten en las pastas. Tecnológicamente, la sustitución del gluten para elaborar productos libres de gluten es importante, por lo tanto, la sustancias que imitan las propiedades viscoelásticas del gluten son necesarias en los productos con sustitución parcial o total. Según Vicente, et al., (2017):

“Los productos sin gluten suelen tener menor calidad de cocción que los elaborados con trigo, esto se debe al papel del gluten en la textura y estructura de los alimentos. Para mejorar la calidad de estos alimentos libres de gluten, se busca crear una red de almidón retrogradado que reemplace al gluten, esto aporta rigidez a la pasta cocida y reduce la pérdida de nutrientes en el agua de cocción. Debido al aumento de personas intolerantes al gluten, se estudian nuevas alternativas de materia prima, entre ellas: cereales (cebada, centeno, arroz), pseudocereales (alfarfón, amaranto, quinoa), leguminosas (guisantes, garbanzos), y tubérculos no convencionales (párrafo 1)”

6.4 Alimentos nutricionalmente mejorados

Los alimentos nutricionalmente mejorados -ANM-, según el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, son aquellos alimentos a los cuales se les ha mejorado la calidad de su proteína mediante la técnica de complementación, su contenido energético y cantidad de micronutrientes (INCAP/OPS, 2015, 2).

Algunos de los alimentos nutricionalmente mejorados se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3
Tipos de harinas compuestas

Alimentos nutricionalmente mejorados	
Pan, pastas, galletas	Harina de trigo + otras harinas (cereales, raíces y tubérculos)
	Harina de trigo + otras harinas + proteína suplementaria
	Harina de trigo + proteína suplementaria
	Raíces o tubérculos + proteína suplementaria
	Raíces o tubérculos + proteína suplementaria
Alimentos populares a base de otros cereales (tortilla, arepa, colada, atol y sopa)	Harina de maíz, arroz, avena + proteína suplementaria
	Harina de leguminosas y otras
Sustitutos de la leche, extensores de origen animal (Protemas, Bienestarina, Incaparina)	Combinación de harinas de cereales, leguminosas y otras

Fuente: (INCAP/OPS, 2015).

6.4.1 Principales características de los ANM según INCAP

- Consiste en una mezcla de ingredientes, especialmente harina de origen vegetal, cuyas características físicas (color, sabor, olor y textura) sean acordes a los hábitos alimenticios de la población.
- Los alimentos son enriquecidos con macronutrientes, minerales y vitaminas para complementar los compuestos primarios de la mezcla de base. La mayoría de ANM

hace énfasis en la vitamina A, ácido fólico, tiamina, riboflavina, niacina, B12, hierro y zinc.

- Son nutricionalmente balanceados.
- Los alimentos destinados a programas como el de alimentación escolar se caracterizan por ser industrializados, es decir que las materias primas se han modificado por la acción de los procesos de fabricación y cuentan con normas de procesamiento industrial.

6.4.2 *Requerimiento que deben cumplir los ANM según el INCAP*

- Calidad proteínica superior al 80,00 % de la calidad proteínica neta de la leche de vaca.
- Composición aminoácidos similar al patrón de referencia FAO/OMS.
- La composición de ácidos grasos contará con un balance de ácidos grasos saturados inferior al 50,00 % del total de ácidos grasos.
- El aporte de micronutrientes será diferente de acuerdo con los requerimientos del segmento de población a la que se destina: mercado institucional o mercado abierto.

6.4.3 *Clasificación*

Según la FAO, las harinas compuestas se clasifican en:

- Harina de trigo diluida: la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta el 40,00 %; y pueden contener otros componentes (adición de proteína).
- Harina compuesta que no contiene trigo: estas harinas se elaboran de tubérculos y una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en la porción de 4 a 1.
- Cereales en general, a los que se adiciona proteína suplementaria.
- Harinas compuestas a base de cereales, oleaginosas u otras.

6.4.4 *Enriquecimiento de alimento*

La FAO define que los alimentos enriquecidos son a los cuales se ha añadido una determinada cantidad de un nutriente para mejorar su valor nutricional (Burgess & Glasauer, 2006,

135). De acuerdo con Vidal y Veciana, (2012), los alimentos enriquecidos son aquellos a los cuales la proporción de uno o más de sus nutrientes es superior a la de su composición habitual.

6.4.4.1 Razones para el enriquecimiento de alimentos. De acuerdo con los autores Vidal y Veciana (2012, p. 134), se consideran tres posibles razones para adicionar o incorporar nutrientes a los alimentos:

- La restauración o restitución de nutrientes perdidos durante la fabricación, almacenamiento o la manipulación.
- La estandarización para compensar variaciones naturales.
- La fortificación o enriquecimiento, cuando el objeto es prevenir o corregir las deficiencias de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la misma.

6.5 Evaluación sensorial en alimentos

La calidad sensorial de un alimento no es una característica propia de este, sino es el resultado de la interacción evaluador-alimento, y se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento; que depende no solo de la clase e intensidad del estímulo, sino también de las condiciones del ser humano (Espinosa, 2007).

6.5.1 Métodos de test de respuesta subjetiva

Las evaluaciones subjetivas están diseñadas para determinar aceptación o preferencia del consumidor. Se clasifican en dos grupos: preferencia y aceptabilidad. Este tipo de test puede ser administrado en laboratorios con paneles que no requieren entrenamiento.

6.5.1.1 Test de aceptabilidad. Los test de aceptabilidad permiten obtener una indicación de la probable reacción del consumidor, frente a un nuevo producto, o de una modificación de uno ya existente (Espinosa, 2007). Entre los test de aceptabilidad más utilizados están el de Panel Piloto y el Panel de Consumidores.

- **Panel Piloto.** Esta evaluación se aplica cuando el producto está aún en la fase de prueba. Mediante este test es posible conocer una probable reacción del consumidor, indicando los

aspectos que hacen al producto deseable o indeseable. Cuando se desea conocer el grado de aceptabilidad, se debe de agregar una escala de grados de aceptación.

6.6 Análisis estadístico

El autor Sulbarán (2009) define que: “El análisis estadístico es el procedimiento por el cual se puede almacenar, procesar e interpretar los datos, con base a una serie de estrategia para la tabulación, resumen, y análisis.

6.6.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) es un proceso aritmético y estadístico que consiste en descomponer la variación total en fuentes o causas de variación (López y González, 2016). Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes.

El análisis de varianza contempla dos hipótesis:

- Hipótesis nula

Indica que no se detectan diferencias significativas entre medias (muestras). Esta hipótesis se tomará como base de la evaluación.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n$$

- Hipótesis alternativa

Indica que existe diferencia significativa entre medias (muestras).

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Asimismo, las hipótesis se deben interpretar acorde a los siguientes criterios:

- Si el F calculado \leq F tabulado no existe diferencias estadísticas en las muestras, es decir que se acepta la hipótesis nula
- Si el F calculado \geq F tabulado, existe diferencia estadística entre las muestras, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Para aplicar el análisis de varianza se utilizan las siguientes ecuaciones:

6.6.1.1 Factor de correlación

$$FC = \frac{(\Sigma \text{ total})^2}{N} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

N: es el número de muestras individuales

6.6.1.2 Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 4

Modelo de tabulación de datos respecto a panelistas y muestras

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	$\frac{\Sigma(\Sigma \text{ trat.})^2}{\# \text{ bloques}} - FC$	# Trat-1	$\frac{Sc \text{ trat}}{gl \text{ trat}}$	$\frac{CM \text{ trat.}}{CM \text{ error}}$	*Buscar en tabla F
Bloque (panelistas)	$\frac{\Sigma(\Sigma \text{ bloques})^2}{\# \text{ trat.}} - FC$	# bloques-1	$\frac{Sc \text{ bloque}}{gl \text{ bloque}}$	$\frac{CM \text{ bloque}}{CM \text{ error}}$	*Buscar en tabla F
Error	Sc total- Sc trat- Sc bloque	Gl trat * gl bloques	$\frac{Sc \text{ error}}{gl \text{ error}}$		
Total	$\Sigma (\Sigma \text{ dato})^2 - FC$	n-1			

Nota: buscar el dato en la tabla de Fisher en el anexo D (p. 77), con base a los grados de libertad calculado.

Fuente: adaptado por del Cid, 2024.

6.6.1.3 Coeficiente de variación

$$CV = \frac{\sqrt{CM \text{ error}}}{\bar{y}} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

6.6.2 Diferencia significativa Honesta (DHS)

En caso de que exista diferencia significativa entre medias, se aplica la prueba de diferencia significativa Honesta (DHS) Tukey. Para ello se realiza una diferencia de medias por medio de la siguiente ecuación:

$$DHS = q(t, glee, \alpha) * \frac{\sqrt{\mu C \text{ dentro}}}{N} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

Q (t, glee, α): valores de tabla de Tukey al 0.05 (ver anexo E, p. 79), respecto a grado de libertad del error experimental (Glee) y al número de medias o tratamiento (t), en este caso el número de panelistas.

μC : media de cuadrados dentro o cuadrados medios de error [CM(E)]

N: número de muestras

A partir de DHS se elabora una tabla donde se ingresan las medias aritméticas de las muestras (t), en orden de ultima a primera muestra como se muestra en el apéndice E (tabla 29), página 103.

7. Objetivos

7.1 General

- 7.1.1 Mejorar el contenido proteico de una pasta alimenticia tipo “linguini” a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro de vaina morada (*Phaseolus vulgaris*) en Mazatenango, Suchitepéquez.
- 7.1.2 Evaluar la aceptación de una pasta alimenticia tipo “linguini” a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro de vaina morada (*Phaseolus vulgaris*) en Mazatenango, Suchitepéquez.

7.2 Específicos

- 7.2.1 Desarrollar tres formulaciones de pasta alimenticia tipo “linguini” a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*T. durum*) por harina de frijol negro (*P. vulgaris*) en proporciones distintas de harina (50:50, 60:40 y 70:30) frijol/trigo respectivamente.
- 7.2.3 Cuantificar el contenido de proteína de las tres formulaciones de pasta alimenticia tipo “linguini” a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*T. durum*) por harina de frijol negro (*P. vulgaris*) y comparar con una pasta testigo obtenida de harina de trigo (*T. durum*).
- 7.2.3 Identificar la formulación que presente las mejores características sensoriales (color, olor, sabor, textura y apariencia) de la pasta alimenticia tipo “linguini” obtenida a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*T. durum*) por harina de frijol negro (*P. vulgaris*) por medio de un Panel Piloto de evaluación sensorial.

8. Hipótesis

- 8.1 Las pastas alimenticias formuladas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*T. durum*) por harina de frijol negro (*P. vulgaris*) presentarán un aumento mayor a 20 % en el contenido de proteína, respecto a una formulación testigo a partir de harina de trigo (*T. durum*).
- 8.2 La formulación con el mayor contenido proteico de la pasta alimenticia a partir de la sustitución parcial de harina de trigo (*T. durum*) por harina de frijol negro (*P. vulgaris*) presentará un grado de aceptabilidad mayor respecto a los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia.

9. Recursos

9.1 Humano

- Tesista: T.U. Meilyn Rocio Hernández Maldonado
- Asesores:
 - Dr. Edgar Roberto del Cid Chacón
 - Inga. en Alimentos Alma Liliana Esquit Donis
- Docente del curso de evaluación sensorial: Inga. Silvia Marisol Guzmán Téllez
- Panelista del curso de Evaluación Sensorial, de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Suroccidente

9.2 Institucionales

- Planta Piloto Carrera de Ingeniería en Alimentos, Centro Universitario de Suroccidente, Mazatenango, Suchitepéquez
- Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de Centro Universitario de Suroccidente, Mazatenango, Suchitepéquez
- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

9.3 Físicos

- Jabón líquido
- Detergente
- Esponjas
- Limpiadores
- Bolsas para basura
- Redecilla
- Bata
- Botas industriales

9.4 Tecnológicos

- Computadora portátil
- Impresora
- Calculadora científica

9.5 Materiales y equipo

9.5.1 *Harina de frijol negro*

- Frijol negro de vaina morada (*P. vulgaris*)
- Agua purificada
- Balanza electrónica digital, marca Nordika (capacidad 500 g)
- Balanza industrial AC 3kg/0.1 g
- Termómetro bimetálico de varilla (-18 °C a 104 °C) marca Cooper
- Termómetro para horno (10 °C a 260 °C) marca Winco
- Deshidratador eléctrico analógico (32 °C a 65 °C) marca LEM (770 W)
- Licuadora Oster capacidad de 6 L (1000 W)
- Bowls de acero inoxidable con capacidad de 3 L
- Charola de acero inoxidable de dimensiones de 40cmx36cm
- Olla de presión de capacidad de 9 L (100 C a 130 °C) marca Oster (13 PSI)
- Colador de acero inoxidable
- Estufa de gas
- Tamiz No. 70
- Mesa de acero inoxidable
- Papel para horno

9.5.2 *Pasta alimenticia tipo linguini*

- Harina de frijol negro
- Harina de trigo
- Agua purificada
- Aceite de oliva
- Batidora de pedestal marca KitchenAid con capacidad para 5.7 L (575 W)

- Batidor de globo manual de acero inoxidable
- Máquina para pastas de acero inoxidable marca Tescoma
- Balanza electrónica digital, marca Nordika (capacidad 500 g)
- Balanza industrial AC 3kg/0.1 g
- Deshidratador eléctrico analógico (32 °C a 65 °C) marca LEM (770 W)
- Strech film
- Charola de acero inoxidable de dimensiones de 40cmx36cm
- Bandeja de aluminio de dimensiones de 24 cm x16 cm x1.5 cm
- Mesa de acero inoxidable
- Cortadores de masa de acero inoxidable
- Bowls de acero inoxidable con capacidad de 3 L
- Bowls de acero inoxidable con capacidad de 0.5 L
- Termómetro bimetalico de varilla (-18 °C a 104 °C) marca Cooper
- Termómetro para horno (10 °C a 260 °C) marca Winco
- Guantes de nitrilo

9.5.3 *Análisis de proteína*

- El análisis químico proximal de proteína se realizó en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

9.5.4 *Evaluación sensorial*

- Vasos de plástico color blanco de 12 Onz
- Platos de plástico color blanco circulares (6 pulgadas de diámetro)
- Agua purificada
- Muestras de pastas alimenticias
- Etiquetas de identificación impresas con papel adhesivo
- Boletas de evaluación sensorial
- Lapiceros de color azul
- Servilletas de papel

- Estufa eléctrica
- Pinza de cocina de acero inoxidable
- Olla de aluminio con capacidad de cinco litros
- Balanza electrónica digital, marca Nordika (capacidad 500 g)

10. Marco operativo

La investigación se desarrolló en cuatro fases: fase 1, se elaboró la harina de frijol negro; fase 2, se desarrollaron las tres formulaciones de pastas alimenticias y la pasta testigo; fase 3, se comparó el contenido de proteína por medio del análisis químico proximal y fase 4, se realizó la evaluación sensorial con un Panel Piloto.

10.1 Fase 1: Elaboración de harina de frijol negro

10.1.1 *Materia prima*

- frijol negro de vaina morada (*P. vulgaris*)

10.1.2 *Proceso de elaboración de harina de frijol negro*

10.1.2.1 Recepción y selección. Para garantizar la inocuidad y calidad del producto, se seleccionaron los mejores granos de frijol, exentos de granos dañados, quebrados y en los cuales el cotiledón esté en buena condición (ver figura 11, p. 96).

10.1.2.2 Limpieza y pesado. Los granos de frijol se lavaron con agua limpia, donde se realizaron tres lavados de los granos seleccionados, hasta observar que el agua utilizada fuera transparente, con el objetivo de eliminar contaminantes físicos (tierra, polvo, piedras). Luego se procedió a pesar la muestra en gramos con una balanza electrónica digital.

10.1.2.3 Remojo y drenado. Los granos de frijol pesados se sometieron a remojo por 12 horas, por cada 1000 gramos de granos de frijol se utilizaron 3000 gramos de agua que se agregaron en un bowl con capacidad de 3 L. Al transcurrir el tiempo de remojo se drenó el agua de los granos de frijol con un colador. La capacidad de absorción de agua (CAA) de los granos de frijol fue la siguiente:

Tabla 5 *Capacidad de absorción de agua de granos de frijol negro*

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	CAA total
CAA	97,00 %	102,00 %	97,00 %	99,00 %

Fuente: elaboración propia, 2024.

10.1.2.4 Cocción y drenado. En una olla de presión (13 PSI) con capacidad de 9 L, se agregó agua limpia purificada, seguidamente se agregaron los granos de frijol previamente remojados, con una relación de granos de frijol: agua de 1:2.5, agregando 1000 gramos de frijol previamente remojados con 2500 mililitros de agua, luego se colocó en la estufa de gas hasta que alcanzó el punto de ebullición a 98 °C, verificando por el termómetro bimetalico de varilla, posteriormente se procedió a cerrar la olla y se realizó la cocción por 25 minutos, enseguida se drenó el líquido de cocción con un tamiz plano de acero inoxidable.

10.1.2.5 Secado. Durante el proceso de secado se realizó una prueba piloto para poder realizar la curva de secado y establecer el tiempo óptimo de secado para obtener una humedad menor a 15.5% y que la harina cumpliera con el RTCA 67.01.15:07 donde se establece la humedad en porcentaje máximo en masa (m/m).

Antes de iniciar el proceso se precalentó el deshidratador eléctrico de convección a 60 °C, para verificar que la temperatura fuera la indicada se utilizó un termómetro para horno marca Winco, luego en bandejas de 40 cm x 36 cm se colocó papel de horno, donde se colocaron los granos de frijol cocidos y se inició el proceso de secado (ver figura 12 y 13, pp. 96 y 97).

En la prueba piloto se estableció que el tiempo óptimo de secado es de 240 minutos (4 horas), en el apéndice C, se puede observar la gráfica 2 “Curva de secado de harina de frijol negro” (página 93), donde el tiempo de secado de los granos de frijol negro fue el siguiente, el porcentaje de humedad perdido fue de 68,67 % y el porcentaje de materia seca es de 31,33 %.

$$\% H_{bh} = \frac{300 - 94}{300} * 100 = 68,67 \%$$

$$\% \text{ materia seca} = 100 - 68,67 \% = 31,33 \%$$

10.1.2.6 Enfriamiento. Al obtener el porcentaje de humedad óptimo, se dejó enfriar los granos de frijol negro a temperatura ambiente en la charola donde se sometieron al proceso de secado en un lugar que esté libre de exceso de humedad, por un tiempo de 15 minutos.

10.1.2.7 Reducción de tamaño y tamizado. El proceso de reducción de tamaño se realizó con una licuadora marca Oster con capacidad de 6 L. Los granos fueron procesados y luego tamizados en un tamiz No. 70 de acero inoxidable para harinas, el tamizaje sirvió para obtener la

uniformidad de la harina (ver figura 14, p. 97). Se repitió el proceso de reducción de tamaño con la harina que aún no cumplía con la granulometría requerida y se volvió a realizar el proceso de tamizado. El rendimiento de la harina obtenido fue el siguiente:

Tabla 6

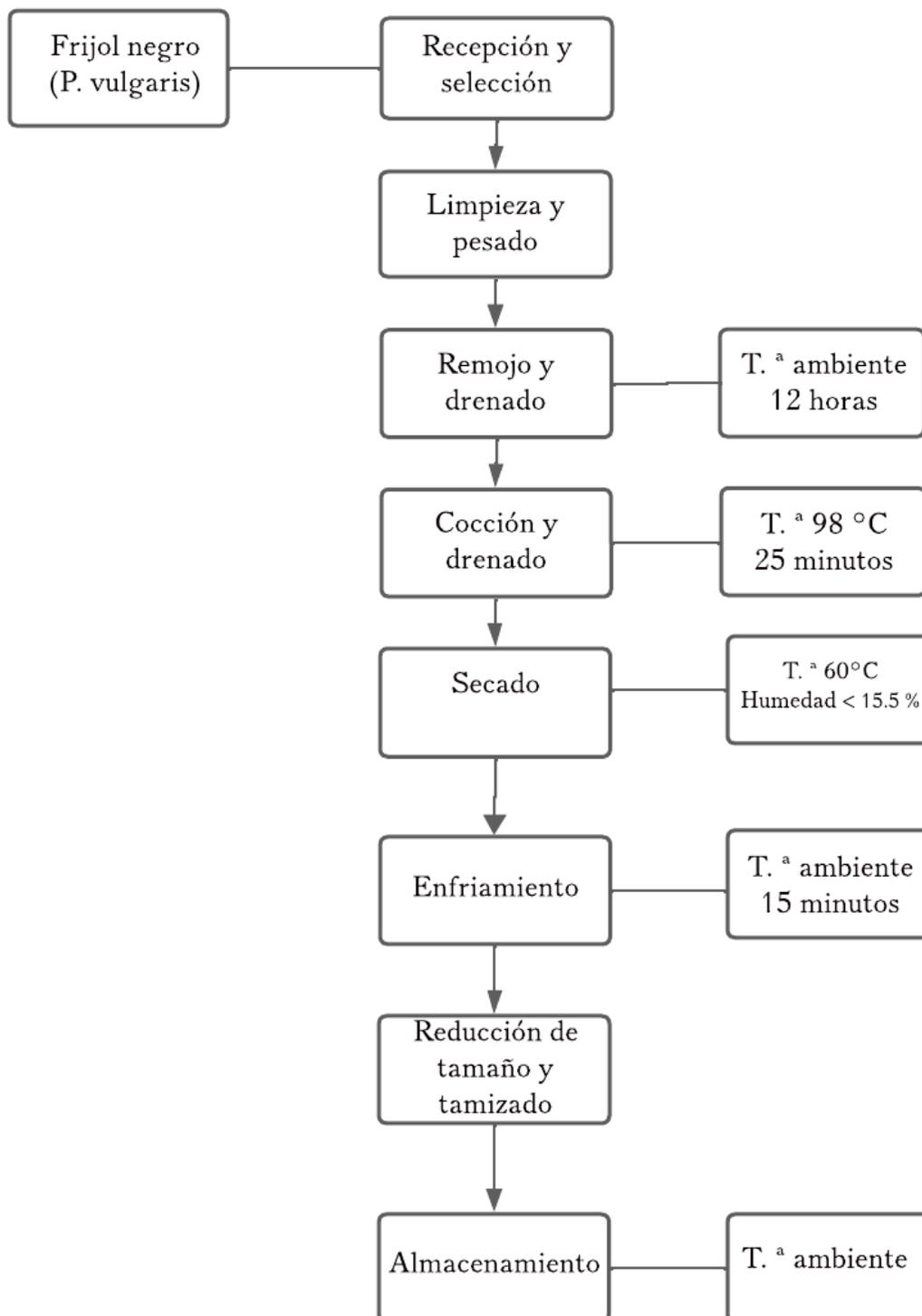
Rendimiento de harina de frijol negro

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Rendimiento total
Rendimiento	77,00 %	82,00 %	83,00 %	81,00 %

Fuente: elaboración propia, 2024.

10.1.2.8 Almacenamiento. La harina de frijol negro obtenida se almacenó a temperatura ambiente en bolsas herméticas de plástico (ver figura 15, p. 98), en un ambiente higiénico, libre de excesos de humedad y contaminantes, para asegurar la inocuidad y calidad de los productos elaborados.

10.1.3 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de frijol negro



Fuente: elaboración propia, 2024.

10.2 Fase 2: Desarrollo de las tres formulaciones de pasta alimenticia

10.2.1 *Materia Prima*

- Harina de frijol negro
- Harina de trigo duro
- Agua purificada
- Aceite de oliva extra virgen

10.2.3 *Proceso de elaboración de pasta alimenticia*

10.2.3.1 Recepción de la materia prima. Asegurando que las materias primas utilizadas cumplieran con la inocuidad y calidad para el producto, se elaboró una ficha técnica con sus características principales, fecha de vencimiento, registro sanitario para la harina de trigo, agua y aceite. Cada una de estas fichas técnicas se pueden observar en el apéndice A, pp. 86-89.

10.2.3.2 Pesado. Con la balanza electrónica digital con capacidad de 500 gramos, se pesaron cada una de las materias primas en base a la formulación de la mezcla de harinas de frijol negro y harina de trigo duro en diferentes proporciones, el agua purificada, y aceite de oliva (ver tabla 8, p. 49).

10.2.3.3 Mezclado. Con base en las diferentes proporciones de harina de frijol negro y harina de trigo, siendo estas: 50:50, 60:40, 70:30 y la formulación testigo, se realizó la mezcla de las harinas hasta obtener una mezcla homogénea utilizando un batidor de globo manual de acero inoxidable (ver figura 16, p. 98). Posteriormente, la mezcla de harinas correspondiente a cada formulación se trasladó al tazón de la batidora donde se adicionó la cantidad necesaria de agua purificada a una temperatura de 38°C y aceite de oliva, para cada formulación se trabajó con una relación de 1:1 (400 gramos de mezclas de harinas por 350 gramos de agua y 50 gramos de aceite de oliva), según la formulación de la pasta alimenticia (ver tabla 8, p. 49).

10.2.3.4 Amasado. En la velocidad 2 de la batidora de pedestal marca KitchenAid con capacidad para 5.7 L (575 W), se inició el proceso de amasado con las aspas para amasar, durante un tiempo de 10 minutos donde se obtuvo una masa homogénea (ver figura 17, p. 98), logrando

activar el gluten presente, confiriendo a la masa las respectivas características reológicas adecuadas para una pasta alimenticia de calidad.

10.2.3.5 Reposo. La masa obtenida se dejó en reposo a temperatura ambiente en un bowl con capacidad de 3 L durante 30 minutos, cubierto con Strech film; con el objetivo de recuperar la flexibilidad de la masa (ver figura 18, p. 99)

10.2.3.6 Laminado y cortado. Después del tiempo de reposo, se dividió la masa en 4 porciones más pequeñas con un cortador de masa de acero inoxidable. El proceso de laminado consistió en pasar cada una de las fracciones de la masa obtenida por tres graduaciones de niveles (nivel 10, nivel 9 y nivel 8) de la laminadora de la máquina para pastas marca Tescoma, el proceso se realizó dos veces para poder obtener una lámina de masa con un grosor de 2 milímetros, seguidamente se procedió a cortar la pasta con la máquina para pasta Tescoma, obteniendo cortes tipo linguini (ver figura 19, p. 99).

10.2.3.7 Presecado. El lote de pasta “linguini” obtenida se colocó en bandejas de 40 cm x 36 cm, se dejó por 30 minutos en un ambiente sin exceso de humedad a una temperatura entre 25 °C y 27 °C, con el objetivo de darle uniformidad a la humedad contenida en la pasta.

10.2.3.8 Secado. Previo a iniciar el proceso se precalentó el deshidratador eléctrico de convección a 50 °C, y se utilizó un termómetro para horno marca Winco asegurando que la temperatura fuera la indicada. Las pastas alimenticias ya formadas se colocaron en las bandejas del deshidratador eléctrico (40 cm x 36 cm) (ver figura 20, p. 99).

Durante el proceso de secado se realizó una prueba piloto para poder realizar la curva de secado y establecer el tiempo óptimo de secado para obtener una humedad menor a 13.5% y que las pastas cumplieran con la norma COGUANOR 34 176 donde se establece la humedad en porcentaje máximo en masa (m/m).

En la prueba piloto se estableció que el tiempo óptimo de secado es de 100 minutos, en el apéndice C (p. 93 y 95) se puede observar la gráfica de curva de secado y el tiempo en donde las diferentes formulaciones de pastas llegaron a su humedad de equilibrio.

Para poder calcular la humedad perdida y materia seca se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Hbh} = \frac{mh - ms}{mh} * 100 \text{ Ec. 4}$$

$$\% \text{ materia seca} = 100 - \% \text{ de humedad Ec. 5}$$

Donde:

ms: masa seca

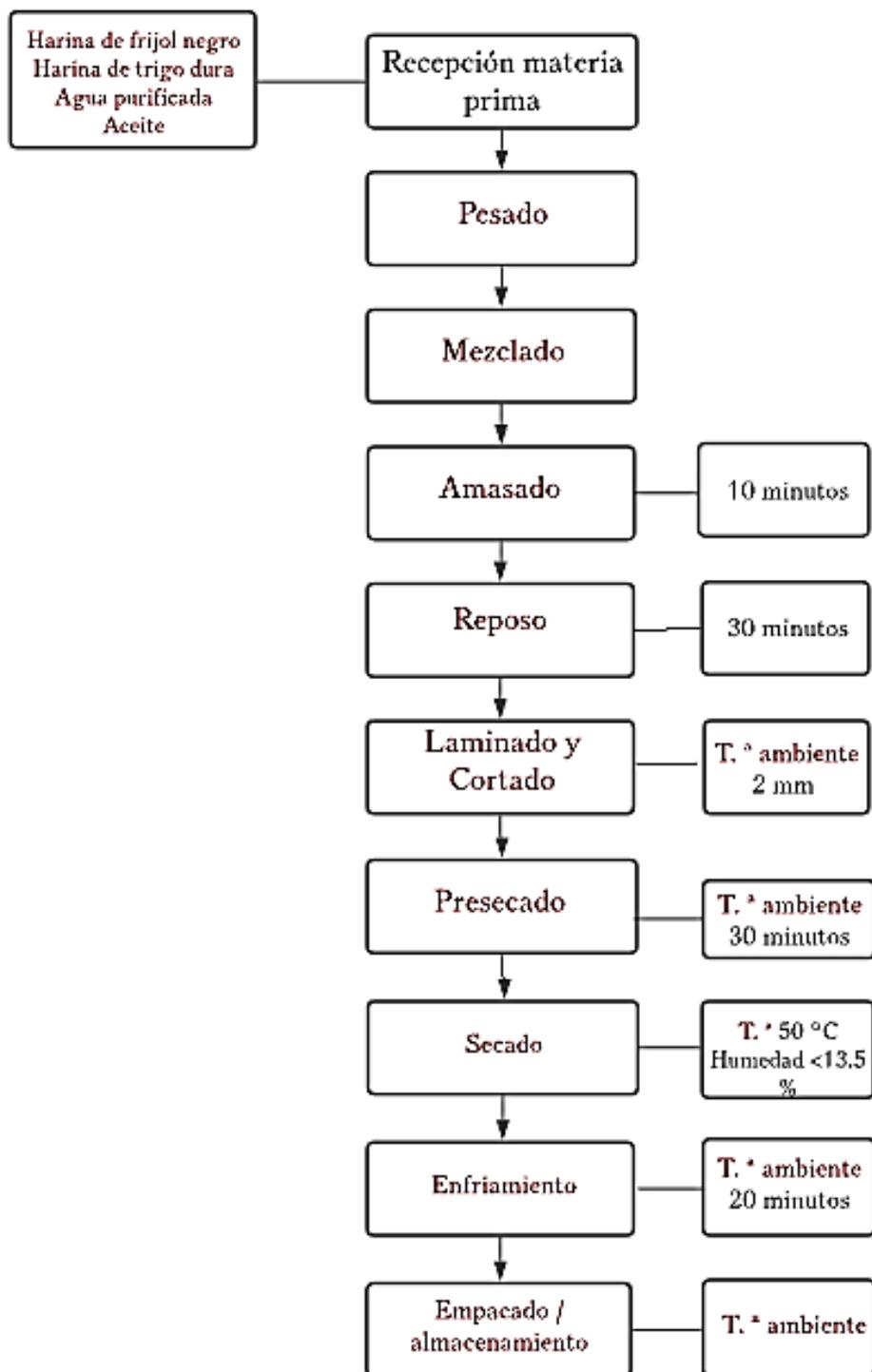
mh: masa húmeda

%Hbs: porcentaje de humedad en base húmeda

10.2.3.9 Enfriamiento. Luego del proceso de secado, se dejaron enfriar por un tiempo de 20 minutos las pastas, a temperatura ambiente entre 25°C y 27°C y en un lugar limpio (ver figura 20, p. 99).

10.2.3.10 Empacado. El producto final se empacó en bolsas herméticas ziploc para evitar que las pastas alimenticias secas no se contaminen con la humedad del ambiente y se almacenaron en un lugar a temperatura ambiente sin exposición directa al sol (ver figura 21, p. 100).

10.2.4 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pastas alimenticias



Fuente: elaboración propia, 2024.

10.3 Fase 3: Comparación de proteína

10.3.1 Análisis de contenido de proteína

Se realizó el análisis químico proximal a cada una de las formulaciones de pasta, elaboradas con harina de frijol negro y harina de trigo duro en las proporciones 50:50, 60:40 y 70:30 respectivamente y la formulación testigo (100 % harina de trigo). El análisis lo realizó el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.3.2 Método de análisis

El análisis químico proximal consistió en evaluar las matrices alimentarias, por el método no extractivo Kjeldahl, el cual evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

10.3.3 Preparación de las muestras para laboratorio

Para el análisis químico proximal de proteína se enviaron 100 gramos de cada una de las mezclas de harina de frijol negro y harina de trigo duro, con las proporciones de 50:50, 60:40, 70:30 y la formulación testigo de harina de trigo y para cada formulación de las pastas alimenticias tipo linguini se enviaron 200 gramos de cada formulación. Las muestras fueron empacadas en bolsas ziploc identificadas con el código correspondiente de cada formulación.

10.4 Fase 4: Evaluación sensorial

10.4.1 Estudio de Panel Piloto

En la ejecución del Panel Piloto de Evaluación Sensorial se utilizó la prueba de aceptabilidad, es decir, de respuesta subjetiva, llamada prueba hedónica de siete puntos, ponderación descrita en la tabla 7, página 47. Se evaluaron las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia de las tres formulaciones de pastas alimenticias, a las cuales se les asignó un código de identificación de acuerdo con la proporción de la mezcla de harina de frijol negro y harina de trigo duro. Se seleccionó un grupo de 22 panelistas de laboratorio, conocedores

de evaluación sensorial, el Panel Piloto se realizó en el laboratorio de Evaluación Sensorial de la Planta Piloto de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Suroccidente.

Tabla 7
Valores de prueba hedónica de siete puntos

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

Fuente: Espinosa (2007).

10.4.2 Boletas de evaluación sensorial

Se realizó una boleta para evaluar las características sensoriales siguientes: color, olor, sabor, textura y apariencia, para las tres formulaciones de pastas alimenticias a base de harina de frijol negro y harina de trigo duro. Cada una de las formulaciones fue identificada con un código de tres dígitos obtenido con la función al azar de Microsoft Excel para identificar las mezclas de harinas, siendo los siguientes códigos: 597, 601, 425 y 179 (testigo) (ver tabla 8, página 49). En el apéndice B se puede observar la boleta de evaluación sensorial realizada (p. 90).

10.4.3 Preparación de la muestra

10.4.3.1 Cocción de las muestras. Se pesó 50 gramos de cada una de las formulaciones de pastas tipo linguini, seguidamente se procedió a agregar 500 ml de agua purificada previamente calentada a 98 °C en un recipiente de vidrio con capacidad de 1 litro y se agregó la muestra pesada del alimento. El siguiente paso fue cocinar cada una de las formulaciones en un horno de microondas por un tiempo de 8 minutos. Transcurrido el tiempo de cocción se drenó el agua de cocción y se sirvieron las muestras.

10.4.3.2 Muestras para panelistas. A cada panelista se le sirvió cada una de las muestras preparadas en platos circulares color blanco de 8 cm, identificando cada una con su código respectivo, una boleta para la evaluación sensorial (apéndice B, p. 90), un vaso con agua purificada a temperatura ambiente, galleta soda y un vaso de descarte de muestra; como parte de los suministros para la evaluación sensorial de un alimento. Cada panelista procedió a llevar a cabo la evaluación sensorial y realizó el llenado de la boleta. Posteriormente los datos fueron tabulados y analizados estadísticamente.

11. Resultados y discusión de resultados

11.1 Desarrollo de pasta tipo “linguini”

La preparación de las pastas alimenticias se llevó a cabo por medio de la mezcla de harina de frijol negro y harina de trigo duro, sustituyendo parcialmente en las siguientes proporciones: 50:50, 60:40 y 70:30, respectivamente; la muestra testigo consistió en 100% harina de trigo duro. En la tabla 8, se puede observar la proporción en gramos de cada una de las harinas que se mezclaron para la preparación de cada formulación y de igual manera se pueden observar los códigos con los cuales fueron identificadas.

Tabla 8 *Relación de harina de frijol negro y trigo duro por 400 gramos de mezcla*

Código	Relación	Harina de frijol negro	Harina de trigo
597	50:50	200 gramos	200 gramos
601	60:40	240 gramos	160 gramos
425	70:30	280 gramos	120 gramos
179	100	-	400 gramos

Fuente: elaboración propia, 2024.

El objetivo de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de frijol negro de vaina morada en la elaboración de tres formulaciones de pasta alimenticia fue mejorar el contenido proteico, ya que la tecnología de alimentos busca enriquecer alimentos de consumo masivo utilizando fuentes no convencionales de proteínas como el frijol negro, que aporta 21,80 gramos por 100 gramos de alimento (Raya et al., 2014) y según los resultados obtenidos en el anexo G (p. 82) el 25,58 % de proteína en base como alimento. Por otra parte, la deficiencia de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) del frijol en combinación con el trigo que aporta estos aminoácidos esenciales da lugar a obtener una proteína de alto valor biológico (anexo F, p.81) y obtener un mayor contenido de proteína al incrementar el uso de la harina de frijol negro.

Se presenta la proporción de ingredientes utilizados en la preparación de cada formulación de pasta alimenticia tipo “linguini” y la formulación testigo. Cada una de las formulaciones se elaboró siguiendo el procedimiento planteado en el diagrama de flujo en la página 45.

Tabla 9 *Formulación de pasta alimenticia*

Materia prima	Formula 1 (597) %	Formula 2 (601) %	Formula 3 (425) %	Formula 4 (179) %
Harina de frijol negro	25,00	30,00	35,00	-
Harina de trigo duro	25,00	20,00	15,00	50,00
Agua	43,75	43,75	43,75	43,75
Aceite de oliva	6,25	6,25	6,25	6,25

Fuente: elaboración propia, 2024.

En la elaboración de las tres formulaciones a partir de la mezcla de harina de frijol negro y trigo duro y la adición de otros ingredientes, es fundamental destacar que se siguió un proceso tecnológico estandarizado para la producción de pastas alimenticias establecido por Acosta (2007) y Aranibar (2017), incluyendo etapas críticas, como el mezclado, que ayuda a homogenizar las materias primas; amasado, que permite desarrollar parcialmente la red de gluten al agregar agua en conjunto con aceite de oliva a una temperatura menor a 45° C; el reposo, favorece la relajación de la estructura del gluten facilitando el manejo evitando que la masa se rompa y se pueda manejar apropiadamente en el proceso de laminado y moldeado; el secado, permite remover el agua libre presente, aumentando su vida útil, ya que la humedad es un criterio clave para la vida útil de una pasta seca, puesto que, si éstas no se encuentran por debajo del máximo permitido, el alimento es susceptible a la alteración microbiológica.

En el proceso de secado se realizó una prueba piloto para establecer el tiempo óptimo de secado a una temperatura de 50 °C (ver apéndice C, pp. 93-95), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10
Datos obtenidos del proceso de secado de prueba piloto

Formulaciones	Tiempo (minutos)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Hbh (humedad en base húmeda)
179	100	100,00	59,50	40,50 %
597	100	100,00	58,50	41,50 %
601	80	100,00	59,00	41,00 %
425	80	100,00	51,00	49,00 %

Nota. Ver las curvas de secado en el apéndice C, pp. 93-95. La humedad en base húmeda (Hbh) fue calculada con base a la ecuación 4, página 44.

Fuente: elaboración propia, 2023.

En la formulación 601 y 425, con una proporción de harina de frijol negro y trigo de 60:40 y 70:30 respectivamente, con respecto a la humedad, presentaron un promedio de 20 minutos menos en el tiempo de secado en comparación con las formulaciones 179 (testigo) y 597. Es importante resaltar que, en este caso, al disminuir la harina de trigo, favoreció el tiempo de secado, aun bajo la misma condición de temperatura que se utilizó en el proceso de secado en el deshidratador de convección. Según Larrosa et al., (2016), el tiempo de secado en pastas libres de gluten es inferior a las pastas elaboradas a partir de harina de trigo, lo cual está asociado a la alta capacidad de retención de agua de las proteínas del trigo. Por otra parte, Vicente et al., (2017) describe que el gluten tiene la capacidad de formar cadenas y láminas mediante el establecimiento de puentes intermoleculares, para las pastas estas propiedades son fundamentales para su papel como matriz continua que atrapa y encapsula el almidón, reteniendo la humedad durante el proceso de secado.

11.2 Contenido de proteína de pasta tipo “linguini”

Los resultados del análisis químico proximal para la cuantificación del contenido de proteína mostraron un aumento progresivo en el contenido de proteína a medida que se incrementaba la proporción de harina de frijol negro en cada una de las formulaciones (gráfica 1, p. 52). En la tabla se presenta la relación entre las fórmulas planteadas y formula testigo.

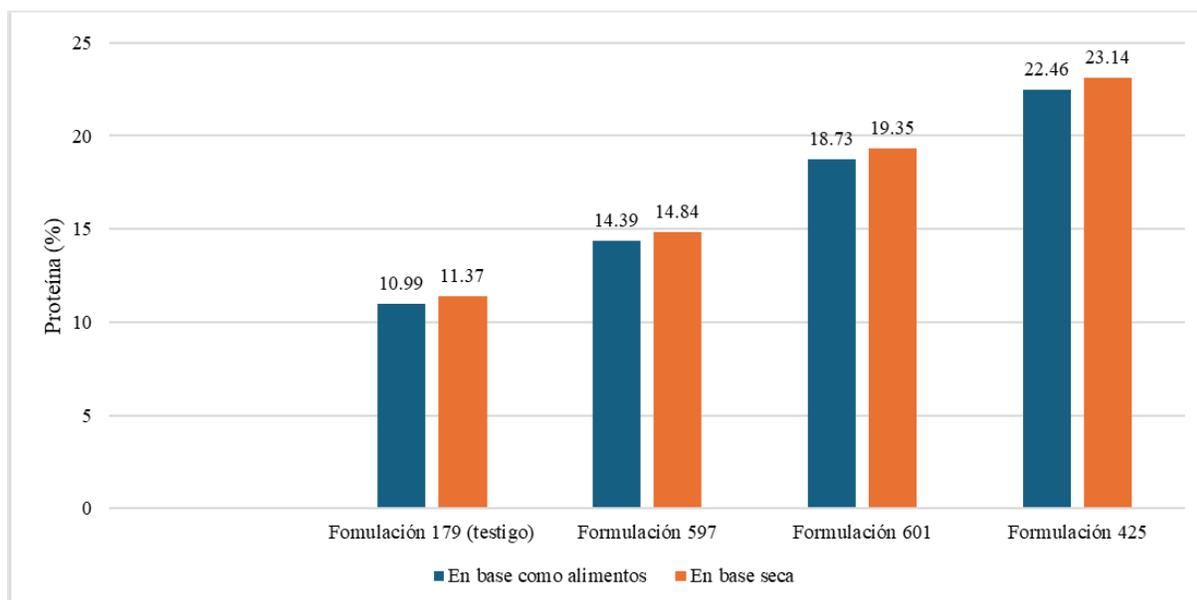
Tabla 11
Relación de proteína entre fórmulas planteadas y fórmula testigo

Formulaciones	Mezcla de harinas (frijol negro: trigo)	% Proteína Base húmeda	Relación
Formulación 179 (testigo)	0:100	10,99	1,00
Formulación 597	50:50	14,39	1,31
Formulación 601	60:40	18,73	1,70
Formulación 425	70:30	22,46	2,04

Nota. Los datos de esta tabla fueron extraídos del anexo G, pp. 82-84.

Fuente: elaboración propia, 2024.

Gráfica 1
Comparación del porcentaje de proteína



Fuente: elaboración propia, 2024.

Con base a los resultados de la tabla, donde se evidencia el aumento de proteína en base húmeda de las tres formulaciones elaboradas (597, 601 y 425) en comparación con la muestra testigo (179), son consistentes con la mayor concentración de proteína presente en la harina de frijol negro, que es de 25,58 % en base como alimento (p. 82), en comparación con la harina de trigo con 13,18 % de proteína en base como alimento (p. 84). La incorporación de harina de frijol negro en la formulación de la pasta representa una estrategia efectiva para aumentar el valor nutricional de este alimento, debido que al mezclar las legumbres con los cereales mejora la calidad biológica de la proteína, y tal como se ilustra en el anexo F (p. 81), el frijol aporta lisina (Serrano y Goñi, 2004) y el trigo aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Pérez et al., 2002), asegurando que el organismo obtenga todos los aminoácidos esenciales de acuerdo con el patrón de aminoácidos esenciales de referencia establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO- y la Organización Mundial de La Salud -OMS- (anexo F, p. 81).

Así mismo, a medida que se incrementó el contenido de harina de frijol en la formulación, el porcentaje de proteína aumentó de 10,99 % a 22,46 % (en base como alimento), siendo la formulación 601 con 18,73 % y la formulación 425 con 22,46 %, con un aporte mayor de proteína en comparación con la formulación testigo de 10,99 %. De acuerdo con las recomendaciones diarias del -INCAP- para personas de 14 y mayores de 18 años (ver anexo H, p. 85), la formulación 601 y 425 cumple con los siguientes porcentajes del requerimiento diario de proteína:

Tabla 12

Requerimiento diario de proteína cubierto por la formulación 601 y 425 de pasta alimenticia tipo “linguini”, por 100 gramos de alimento

Edad (años)	Peso promedio (Kg)		Requerimiento proteínico cubierto (%)			
			Formulación 601		Formulación 425	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
14-16	49,00	53,00	44,45	39,71	53,30	47,62
16-18	52,00	61,00	42,83	35,29	51,42	42,32
18 y más	55,00	64,00	41,01	35,26	49,20	42,28

Fuente: elaborado en base a información obtenida, Menchú et al., 2012, p.45.

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro en cada formulación incrementa el contenido de proteína, siendo una fuente principal para el desarrollo fisiológico y mantenimiento de un buen estado de salud.

11.3 Evaluación sensorial

De acuerdo con la metodología descrita en la página 46, se evaluaron tres formulaciones codificadas de la siguiente manera:

Tabla 13
Códigos asignados a cada formulación

Códigos	Mezcla de harinas (frijol: trigo)
179 (testigo)	0:100
597	50:50
601	60:40
425	70:30

Fuente: elaboración propia, 2024.

Para la ejecución de este estudio se programó el uso de las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial dentro de la Planta Piloto del Centro Universitario de Suroccidente, se seleccionó a 22 panelistas con conocimiento de evaluación sensorial de alimentos de la Carrera de Ingeniería en Alimentos. La evaluación se basó en una prueba de respuesta subjetiva llamada prueba hedónica de 7 puntos, evaluando los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia, por lo tanto, cada panelista lleno la boleta descrita en el apéndice B, p. 90.

Los resultados fueron tabulados por medio del diseño experimental (ANOVA) con bloques al azar, cada panelista fue un bloque y cada formulación un tratamiento. Se plantearon dos hipótesis: nula y alterna, en ello incide la importancia del cálculo del valor de “F” calculada y el valor de “F” tabulado, con el objetivo de verificar si existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y características sensoriales evaluadas.

En la tabla se presenta el resumen de los resultados de cada una de las características sensoriales evaluadas:

Tabla 14

Resultados de análisis de varianza del panel piloto de evaluación sensorial a pastas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro ($p>0,05$)

Atributo	Factor calculado	Factor tabulado	Conclusión
Color	1,22	2,75	No existe diferencia estadística significativa
Olor	4,42	2,75	
Sabor	6,13	2,75	
Textura	13,20	2,75	Existe diferencia estadística significativa
Apariencia	9,48	2,75	
Aceptación general	11,43	2,75	

Nota: los resultados para cada una de las características sensoriales se pueden observar en el apéndice E, p. 101.
Fuente: elaboración propia, 2024.

Se observa, en el atributo de olor, el valor de F calculada es < que F tabulada, de tal forma se acepta la hipótesis nula, lo que significa que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones de pasta tipo “linguini”. Para las tres formulaciones, que según la media obtenida se mantienen en “me gusta levemente”, cada una de las formulaciones se caracterizó por tener un color negro que fue conferido por las antocianinas del frijol negro (Rochín, et al., 2021), que al aumentar el contenido de harina de frijol negro el color se intensificaba, sin embargo, los panelistas destacaron que un color negro intenso da más confianza y es agradable visualmente.

Para los atributos de olor, sabor, textura, apariencia y aceptación general, el valor de F calculada es $>$ que F tabulado, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, lo cual significa que sí existe diferencia estadística significativa entre las formulaciones de pasta tipo “linguini” y las características sensoriales mencionadas. En base a los resultados obtenidos se aplicó la prueba de comparación de medias por el método de Tukey.

11.3.1 Olor

Según la media para el atributo de olor, fue calificado en la escala hedónica de “me gusta levemente”, sin embargo, los resultados de la prueba de Diferencia Honesta de Tukey, como se observa en la tabla 15, demuestran que entre la formulación 601 y 597 existe una diferencia estadística significativa, siendo la formulación 601 con mejor aceptación con una proporción de harina de frijol negro y harina de trigo duro de 60:40. Los panelistas resaltaron que en la fórmula 527 no se percibía el olor característico del frijol y en la fórmula 425 el olor fue más resaltado, por lo que se relaciona que al aumentar el contenido de frijol negro el olor es más característico.

Tabla 15

Media ponderada para el atributo de olor de las tres formulaciones de pastas alimenticias

Formulación	Media	Calificación	Grupo Tukey
601	5,91	Me gusta levemente	A
179	5,41	Me gusta levemente	AB
425	5,27	Me gusta levemente	AB
597	5,05	Me gusta levemente	B

Nota. Los datos fueron resumidos de los resultados de la tabla 29, del apéndice E, p. 103. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: elaboración propia, 2024.

11.3.2 Sabor

Las formulaciones en el atributo de sabor tuvieron una puntuación de acuerdo con la media de cada una (tabla 16), que va desde “no me gusta ni me disgusta” para la formulación 425 y “me gusta levemente” para la formulación 601, 597 y 179. Los resultados de la prueba de diferencia honesta de Tukey de la tabla 16 demostraron que entre la formulación 601 y 425 existe una diferencia estadística significativa, indicando que la formulación 601 fue la más aceptada por los panelistas, lo que indica que, al aumentar el contenido de harina de frijol, el sabor aumenta gradualmente.

Tabla 16

Media ponderada para el atributo de sabor de las tres formulaciones de pastas alimenticias

Código de formulación	Media	Calificación	Grupo Tukey
601	5,73	Me gusta levemente	A
179	5,55	Me gusta levemente	A
597	5,09	Me gusta levemente	AB
425	4,41	No me gusta ni me disgusta	B

Nota. Los datos fueron resumidos de los resultados de la tabla 32, del apéndice E, p. 105. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

Fuente: elaboración propia, 2024.

11.3.3 Textura

Según las medias de las formulaciones (tabla 17) los panelistas calificaron como “Me disgusta levemente” la formulación 425, “no me gusta ni me disgusta” la formulación 597 y “me gusta levemente” la formulación 601 y 179. La prueba honesta de Tukey, tabla 17, demostró que entre la formulación 179 comparada con la 597 y 425, existe una diferencia estadística significativa, indicando que la textura de la formulación 179 fue la más aceptada. Según los panelistas, la formulación 597 y 425 tiene una textura pegajosa y viscosa, esto debido a que, al sustituir parcialmente la harina de trigo y aumentar la cantidad de harina de frijol negro en las tres formulaciones desarrolladas, el almidón presente se encuentra en mayor proporción. Según

Álvarez (2019, p.11), los carbohidratos del frijol están formados por 41,00 % almidón, y durante la cocción a temperaturas elevadas se gelatiniza. Por otra parte, las proteínas del frijol están compuestas por 20,00 % globulina, 30,00 % albumina, 8,00 % glutelina, y 5,00 % prolamina, asimismo, las proteínas del trigo están compuestas por 43,00 % gliadina y 39% gluteninas. Por lo tanto, al sustituir la harina de trigo por harina de frijol, el porcentaje de gluten va disminuyendo, causando que las redes que forman el gluten se debiliten, por lo que ya no puede formar una matriz continua que atrapa y encapsula el almidón, causando pegajosidad y viscosidad en la pasta cocida (Vicente et al., 2017, p. 8).

Tabla 17

Media ponderada para el atributo de textura de las tres formulaciones de pastas alimenticias

Código de formulación	Media	Calificación	Grupo Tukey
179	5,64	Me gusta levemente	A
601	5,55	Me gusta levemente	AB
597	4,68	No me gusta ni me disgusta	B
425	3,73	Me disgusta levemente	C

Nota. Los datos fueron resumidos de los resultados de la tabla 35, del apéndice E, p. 107.

Fuente: elaboración propia, 2024.

11.3.4 Apariencia

Las medias de la tabla 20, indican que las formulaciones 601 y 179 fueron calificadas como “me gusta levemente”, 597 “no me gusta ni me disgusta” y la 425 “me disgusta levemente”. Los resultados de la tabla 20, con la prueba honesta de Tukey indican que entre la formulación 179 y 425, existe una diferencia estadística significativa, obteniendo la formulación 179 la mejor aceptación. Las cuatro formulaciones evaluadas demostraron que, al aumentar el porcentaje de harina de frijol negro, las características sensoriales de olor, sabor y textura fueron afectadas gradualmente, siendo características muy importantes para la apariencia y buena aceptación de las pastas tipo “linguini”.

Tabla 18

Media ponderada para el atributo de apariencia de las tres formulaciones de pastas alimenticias

Código de formulación	Media	Calificación	Grupo Tukey
179	5,91	Me gusta levemente	A
601	5,36	Me gusta levemente	A
597	4,91	No me gusta ni me disgusta	AB
425	3,86	Me disgusta levemente	B

Nota. Los datos fueron resumidos de los resultados de la tabla 38, del apéndice E, p. 109.

Fuente: elaboración propia, 2024.

11.3.5 Aceptación general

Las medias de la tabla 21, indican que las formulaciones 601 y 179 fueron calificadas como “me gusta levemente”, la 597 y 425 “no me gusta ni me disgusta”. Los resultados de la tabla 21, con la prueba honesta de Tukey indican que entre la formulación 601 y 425, al igual que la 179 y 425, existe una diferencia estadística significativa, obteniendo las formulaciones 601 (60:40, frijol: trigo) la mayor puntuación de aceptación. Las cuatro formulaciones evaluadas demostraron que, al aumentar el porcentaje de harina de frijol negro, las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia cambian gradualmente, estas características sensoriales interactúan de manera compleja para crear una experiencia sensorial positiva que influye la percepción y decisión de consumir un producto.

Tabla 19

Media ponderada para el atributo de aceptación general de las tres formulaciones de pastas alimenticias

Código de formulación	Media	Calificación	Grupo Tukey
601	5,54	Me gusta levemente	A
179	5,50	Me gusta levemente	A
597	4,99	No me gusta ni me disgusta	A
425	4,37	No me gusta ni me disgusta	B

Nota. Los datos fueron resumidos de los resultados de la tabla 41, del apéndice E, p. 111.

Fuente: elaboración propia, 2024.

12. Conclusiones

- 12.1 Se acepta la hipótesis planteada debido que, para las tres formulaciones de pasta alimenticia tipo “linguini” con sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro de vaina morada, se obtuvo un aumento del contenido de proteína mayor al 20%, aumentando su contenido de proteína en un 30,94 %, 70,43% y 104,37 % más que la formulación testigo.
- 12.2 Se rechaza la hipótesis planteada para la aceptación general de la pasta alimenticia a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro de vaina morada, debido que, la formulación que presentó el mayor grado de aceptabilidad fue la formulación 601, con un contenido proteico de 18,73 % y una puntuación de 5,54 (me gusta levemente), para la formulación 425 con mayor contenido proteico de 22,46 % tuvo una aceptación de 4,37 (No me gusta ni me disgusta).
- 12.3 El contenido proteico de las tres formulaciones de pasta alimenticia tipo “linguini” a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol negro de vaina morada en las proporciones de 50:50, 60:40 y 70:30 fueron de: 14,39 %, 18,73 % y 22,46 %, en base como alimentos, las cuales fueron aumentando un promedio de 3,82 % al sustituir en mayor proporción la harina de trigo por el frijol negro de vaina morada.
- 12.4 Se evaluaron las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia, con una escala hedónica de siete puntos, donde la aceptación general de la formulación 425 (70:30, frijol:trigo) tuvo la puntuación menor (ni me gusta ni me disgusta) por sus características de textura pegajosa y apariencia viscosa, y se concluyó que la fórmula 601 fue la más aceptada, la cual tenía una proporción de harina de frijol negro de vaina morada y trigo duro de 60:40, y se obtuvo un 18,73 % de proteína (en base como alimento), mejorando el contenido de proteína en comparación con la formulación testigo 10,99 %.

13. Recomendaciones

- 13.1 Analizar el contenido y la calidad biológica de la proteína de cada una de las formulaciones planteadas en esta investigación por métodos directos y precisos como Dumas, espectrofotometría o puntuación de los aminoácidos de las proteínas corregida según su digestibilidad (PDCAAS), para poder determinar si contiene todos los aminoácidos esenciales.
- 13.2 Evaluar la aceptación de la formulación 425 con mayor contenido proteico de 22,46 % por medio de un panel de consumidores.
- 13.3 Investigar el uso de la mezcla de harina de frijol negro de vaina morada y harina de trigo con mayor aceptación con una proporción de 60:40 respectivamente, para la elaboración de panqueques, galletas, cupcakes, brownies, y productos de panadería y repostería en general y verificar si los procesos aplicados influyen en el contenido de proteína.
- 13.4 Utilizar hidrocoloides naturales (pectina, gomas) para la formulación de pastas a partir de la sustitución de harina de trigo por harina de frijol negro de vaina morada en pastas alimenticias y evaluar por medio del análisis sensorial si tienen un efecto positivo en la característica de textura y apariencia.

14. Referencias

- Acosta Rueda, K. (2007). *Evaluación de una pasta alimentaria a partir de sémola de diferentes variedades de cebada*. [Tesis de Licenciatura de Químico en Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10961/%20laboración%20pasta%20alimentaria%20cebada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilera Gutiérrez, Y. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnofuncionales*. [Tesis Doctoral de Química Agrícola. Universidad Autónoma de Madrid]. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/4180>
- Álvarez Porras, M. A. (2019). *Formulación y evaluación nutricional de una harina a base de maíz nixtamalizado con Frijol tepari (P. acutifolius) aplicable para la elaboración de tortillas, tamalitos y atol*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de los Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3584>
- Aranibar, C. (2017). *Mejoramiento de la capacidad antioxidante y de la calidad nutricional de pastas mediante el uso de un derivado de chía (Salvia hispánica)* [Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/14613>
- Barillas, I. G. (2022). *Formulación y Evaluación Sensorial de una bebida tipo atol a base de maíz blanco (ICTA-15) y harina de Frijol crudo (ICTA CHORTÍ) dirigida a estudiantes de primaria y madres de familia en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu*. [Trabajo de Graduación de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/20110/1/22%20Tg%281167%29Ali%2C%20Barillas%2C%20Ilse.pdf>

- Blandón Navarro, S. L., & Larios López, X. J. (2019). Evaluación de sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la formulación de tortas. *Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo*, 9(1), 11-18. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/230/2301196014/index.html>
- Burgess, A., & Glasauer, P. (2006). *Guía de Nutrición de la Familia*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=0e0fb2a4-26c3-5e07-abb9-bb2c6a904781>
- Cano, E. (2019). *Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizado con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez*. [Trabajo de Graduación de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12428/1/Trabajo%20de%20Graduación%20--%20Elvira%20Annabella%20Cano%20Paiz.pdf>
- Carbajal, Á. (2013). *Manual de Nutrición y Dietética: proteínas*. Universidad Complutense Madrid. <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/manual-de-nutricion>
- Cárdenas Quintana, H., Gómez Bravo, C., Díaz Novoa, J., y Camarena Mayta, F. (2000). Evaluación de la calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de frijol. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 14(1), 22-27. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=6720>
- Chaves, M. G. (2022). *Propiedades fisicoquímicas, estructurales y tecnofuncionales de proteínas de origen vegetal*. Universidad Nacional del Nordeste. <https://exa.unne.edu.ar/postgrado-web/wp/wp-content/uploads/2022/08/1-Propiedades-fisicoquímicas-estructurales-y-tecnofuncionales-de-proteínas-de-origen-vegetal.pdf>
- Comisión Guatemalteca de Normas. (2014). *Pastas alimenticias: especificaciones*. Ministerio de Economía. <https://tramites.gob.gt/instituciones/ministerio-de-economia-mineco/>
- Consumer, E. (2006). *Por qué cocinar la pasta Al dente*. Eroski Consumer <https://www.consumer.es/alimentacion/por-que-cocinar-la-pasta-al-dente.html>

- Cristóbal de la Cruz, E. P. (2022). *Obtención de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) precocido y preservado con recubrimiento de aceite esencial de Orégano (Origanum durum*. [Tesis de Maestría en Ciencia en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5522/cristobal-de-cruz-evelyn-fashion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dumas, L. G. (2020). *Flavor*. LAB Gato Dumas Investigación Innovación y Desarrollo en Gastronomía. <https://www.labgatodumas.com/post/flavor>
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria
- Espitia, F., Negrete, A., Acevedo, L., & León, M. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva de la semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 147-152. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/2/28.pdf>
- Figueroa, J. J., Guzmán Maldonado, S., Herrera Hernández, M., & Sánchez Toledano, B. I. (2023). Calidad nutricional y nutracéutica de productos artesanales alimenticios suplementados con harina de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 30(1), 61-74. <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/view/2018>
- Figueroa González, J. J., Guzmán Maldonado, S. H., & Herrera Hernández, G. (2015). Atributo Nutricional y Nutracéutico de panqué y barritas a base de harina de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 17(3), 9-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971117002>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Grasas y Ácidos Grasos en Nutrición Humana: consulta de Expertos*. FAO. <https://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2016). *Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c0125315-854e-40f5-8a25-8c52af036a13/content>
- Food and Agriculture Organization. (2018). *Legumbres: pequeñas semillas, grandes soluciones*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>

- Food and Agriculture Organization. (2019). *El estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutricional en el Mundo*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2020). *Glosario Agricultura orgánica*. FAO. <https://www.fao.org/organicag/oag-glossary/es/>
- García Pacheco, Y., Cabrera Mercado, D., Ballestas Santos, J. A., y Campo Arrieta, M. J. (2019). Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecfuncionales de la harina de frijol blanco (*Phaseolus Lunatus L.*) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. *INGE CUC* 15(2), 132-142. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2510>
- Gimeno, E. (2004). Compuestos fenólicos. *ELSEVIER*, 23(6), 80-84. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>
- Haro González, J. N., & Espinosa Andrews, H. (2018). *Estudio Comparativo de las Propiedades Reológicas de Complejos Proteína-Polisacárido*. Repositorio CIATEJ. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/806/1/Propiedades%20reol%C3%B3gicas.pdf>
- Hernández Espinosa, N., Reyes, M., Gonzáles Jiménez, F., Núñez, L., & Cooper, B. (2015). Importancia de la proteína de almacenamiento en cereales (prolaminas). *Vertientes-Revista especializada en Ciencias de la Salud*, 18(1), 3-7. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/vertientes/article/view/51724>
- Hernández Maldonado, M. (2020). *Elaboración de pastas alimenticias a base de harina de maíz (Zea mays) y Trigo (Triticum) enriquecidas con plantas alimenticias de moringa (moringa oleífera), chipilín (crotalaria longirostrata) y espinaca (spinacia oleracea)*. [Informe de PPS]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hsieh Lo, M. (2019). *Evaluación del rendimiento, estabilidad y potencial biológico de un extracto rico en antocianinas del Frijol Negro (Phaseolus vulgaris L. variedad San Luis) obtenido a través de extracción supercrítica y presurizada*. [Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Biotecnológica. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco]. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/738>

- Hy-Line, H. (2017). *Granulometría del alimento y su importancia*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/181-Granulometria_del_Alimento.pdf
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá/Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Desnutrición*. INCAP. <https://www.incap.int/index.php/es/desnutricion2>.
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá/Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Alimentos Nutricionalmente Mejorados*. [Archivo PDF].
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2018). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica, (3ra. Edición ed.)*. [Archivo PDF].
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2021). *Las legumbres y el potencial de una semilla*. INCAP. <https://www.incap.int/index.php/en/list-of-documents/publicaciones-incap/984-las-legumbres-y-el-potencial-de-una-semilla-el-libro-de-las-legumbres-de-centroamerica-y-republica-dominicana/file>
- Instituto Nacional de Metrología. (2021). *Guía para la Determinación de Contenido de Humedad en Granos y Cereales INM/GTM-T/06*. Instituto Nacional de Metrología de Colombia. <https://inm.gov.co/web/wp-content/uploads/2021/12/GUIA-DETERMINACION%CC%81N-CONTENIDO-DE-HUMEDAD.pdf>
- Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N., & Califano, A. (2016). Modelado matemático del secado de pastas libres de gluten en relación con la temperatura y humedad relativa del aire. *INNOTEC Revista de LATU*, 1(11), 54-58. <https://www.redalyc.org/journal/6061/606163573017/html/>
- Leyva Barzola, G. R. (2015). *Efecto de la harina de haba (Vicia faba L.) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias*. [Trabajo de Graduación en Ingeniería Industrial. Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1951>
- López, E. & González, B. (2016). *Diseño y Análisis de experimentos*. [Archivo PDF].

- Luna, F., Ogando, A., & Petruzzi, L. (2016). *Análisis del agregado de valor a la harina de Trigo mediante la separación del Gluten y del Almidón*. [Informe de Investigación en Agroalimentos. Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2836>
- Martínez Dotor, J. (2013). *Efecto del procesamiento en el contenido de compuestos fenólicos y las propiedades antioxidantes de diferentes variedades de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) mexicano*. [Trabajo de Graduación en Químico de Alimentos. Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14379/407988.pdf>
- Martínez Preciado, A., Naranjo Figueroa, A., & Nungaray Arellano, J. (2004). *Antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos presentes en Frijol Negro Querétaro y Mayocoba y su estabilidad durante el cocimiento industrial*. CUCEI-Universidad de Guadalajara. https://smbb.mx/congresos%20smbb/puertovallarta03/TRABAJOS/AREA_VI/CARTEL/CVI-2.pdf
- Menchú, M., Torún, B., Elías, L. G. (2012). *Recomendaciones Dietéticas del INCAP, (3ra edición)*. [Archivó PDF].
- Méndez, H., & López Santisteban, P. (2022). *Análisis secundario de encuestas nacionales de condiciones de vida, 2006 y 2014*. INCAP. <https://www.incap.int/index.php/en/list-of-documents/publicaciones-incap/932-tendencia-de-la-seguridad-alimentaria-en-guatemala-2006-y-2014/file>
- Ministerio de Economía. (2018). *Industria de pastas alimenticias de Guatemala*. [Archivo PDF].
- Mirhosseini, H., Abdul, N. F., Tabatabaee, B., Whye Cheong, K., Kazemi, M., & Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT-Food Science and Thechnology*, 63(1), 184-190. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.078>

- Mora, A. C. (2012). *Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de Trigo y harina de quinoa*. [Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9857>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Alimentos Funcionales, nutraceuticos y fortificados*. Directorio Consultoría – Consultores. <https://consultoria-consultores.es/articulos/articulo-consultoria-alimentos-funcionales-nutraceuticos-y-fortificados/>
- Ortega, K. (2022). *Tipos de mercado*. Saint Leo University. <https://worldcampus.saintleo.edu/noticias/cuales-son-los-tipos-de-mercado-que-existen>
- Prem Morales, M. (2018). *Desarrollo de una premezcla alimenticia de harina de Frijol para diabéticos*. [Trabajo de Graduación en Ingeniería en Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3533>
- Quero, M., & Conejeros, U. (2016). *Industria de la Pasta*. Wiki Casiopea. https://wiki.ead.pucv.cl/Presentaci%C3%B3n_Industria_de_la_Pasta
- Ragel de la Torre, P. (2012). *Identificación y caracterización de los elementos implicados en el inicio de la síntesis de almidón en plantas*. [Tesis de Maestría en Bioquímica Vegetal y Biología Molecular. Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55175#:~:text=El%20gr%C3%A1nulo%20de%20almid%C3%B3n%20es,principal%20del%20gr%C3%A1nulo%2C%20formada%20por>
- Raya Pérez, J., Gutiérrez, G., Ramírez, J. G., Covarrubias, J., & Aguirre, C. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de Frijol de México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 01-11. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000100001
- Real Academia Española. (2023). *Diccionario de la lengua española*, (23.^a ed.). <https://dle.rae.es/digestibilidad?m=form>

- Rochín-Medina, Jesús Jaime, Mora-Rochín, Saraid, Navarro-Cortez, Ricardo Omar, Tovar-Jimenez, Xochitl, Quiñones-Reyes, Guillermo, Ayala-Luján, Jorge Luis, & Aguayo-Rojas, Jesús. (2021). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de variedades de frijol sembradas en el estado de Zacatecas. *Acta universitaria*, 31(1), 02-23. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3059>
- Salinas, S. A. (2017). *Desarrollo de un snack a base de harinas de Frijol biofortificado Honduras Nutritivo (Phaseolus vulgaris) y maíz nixtamalizado (Zea mays)*. [Trabajo de Graduación en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/870d535d-f43e-4fbc-9045-21f19e641638/content>
- Sánchez Toledano, B., Cuevas Reyes, V., Cruz Bravo, R., & Zegbe, J. (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledones de Frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 95-102. <http://dx.doi.org/10.35196/rfm.2021.1.95>
- Sandeep, K. (2022). *Índice glucémico y diabetes*. MedlinePlus. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000941.htm>
- Sarmiento, T. R. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas*. [Tesis Doctorado en Química Agrícola. Universidad Autónoma de Madrid]. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101597/1/tecnofuncionales%20de%20leguminosas.pdf>
- Serna Cock, L., Pabón Rodríguez, O., & Quintana Moreno, J. (2019). Efecto de la fuerza iónica y el tiempo de remojo de legumbres secas sobre sus propiedades tecnofuncionales. *Información Tecnológica*, 30(2), 201. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n2/0718-0764-infotec-30-02-00201.pdf>
- Serrano, J., & Goñi, I. (2004). Papel del Frijol Negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 36-44. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-

- Vicente Flores, M., Güemes Vera, N., Quintero Lira, A., & Piloni Martini, J. (2017). La sustitución parcial o total de sémola de Trigo en las pastas y su valor nutricional. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 3(6), 20. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icap/n6/m1.html>
- Vidal, C., & Veciana, T. (2012). *Alimentos enriquecidos y complementos alimenticios*. Kellogg's. https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_Capitulo_09.pdf
- Villagrán Paiz, A., Arroyo Castillo, M., y Lemus Cruz, J. (2019). *Evaluación de Preferencia, Aceptabilidad y Valor Nutricional de Cuatro Variedades de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) en los Municipios Productores y Priorizados por el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIA- [Archivo PDF]*.
- Villatoro Mérida, J. C., Franco Rivera, J. A., & Castillo Monterroso, F. (2022). *Manual para producción de Frijol*. ICTA. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Manual%20de%20producci%C3%B3n%20de%20Frijol%20ICTA.pdf>
- Zuluaga, S. (2023). *Matriz alimentaria y su importancia: más allá de azúcares, grasas, calorías*. Dietética y Nutrición. <https://doctorazuluaga.com/matriz-alimentaria-y-su-importancia-mas-alla-de-azuceres-grasas-calorias/>



Vo. Bo. Lcda. Ana Teresa Cap Yes González
Bib. Téc. Ciencias Inf. Documental



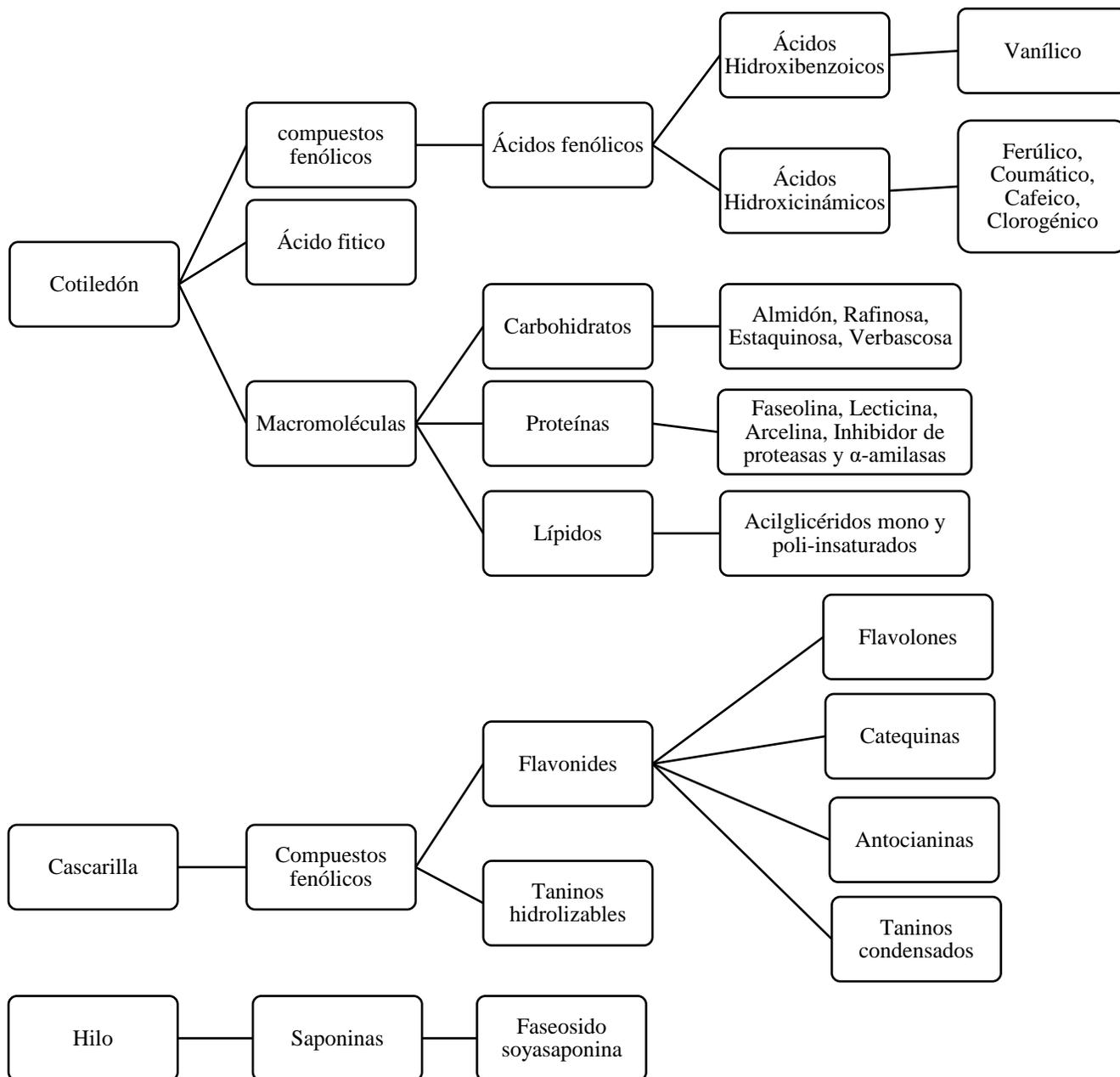
15. Anexos

15.1 Anexo A. Variedades de frijol liberadas por el ICTA para las diferentes regiones de Guatemala

Variedad	Días a Flor	Color de flor	Color de Vaina	Días a cosecha	Característica	Rendimiento (qq/mz)	Adaptación (m.s.n.m.)
VARIEDADES PARA ZONAS BAJAS							
ICTA Petén	33-35	Morado	Beige	78-80	Tolerante a roya, biofortificada con hierro	40	500-1500
ICTA Sayaxché	35-42	Morado	Beige	88-90	Tolerante a roya,	60	500-1500
ICTA Ligero	29-30	Morado	Beige	64-70	Resistente a virus del mosaico dorado amarillo	25	50-1200
ICTA Chortí	32-35	Morado	Beige	68-70	Tolerante a roya, biofortificada con hierro	35	500-1600
ICTA Patriarca	32-35	Morado	Beige	68-70	Resistente a virus del mosaico dorado amarillo	35	50-1500
VARIEDADES PARA ZONAS ALTAS							
ICTA Texel	49-50	Morado	Beige	90	Ascochyta	35	1500-2300
ICTA Altense	55-60	Morado	Crema	115	Ascochyta antracnosis y roya	38	1500-2300
ICTA Hunapú	55-53	Morado	Morada	95	Ascochyta antracnosis y roya	38	1500-2300
ICTA Superchiva	45-48	Morado	Beige	90	Roya y ascochyta	30	1800-2400
ICTA Utatlán	63-65	Morado	Crema	130	Voluble	44	1800-2300
ICTA Labor Ovalle	72-75	Morado	Morada	135-140	Voluble	42	1800-2300

Fuente: (Villatoro, 2022).

15.2 Anexo B. Principales componentes presentes según la taxonomía del frijol.



Fuente: (Hsieh Lo, 2019, 6).

15.3 Anexo C. Tablas de composición de macronutrientes y micronutrientes

Tabla 20

Contenido de agua, energía y macronutrientes en 100 gramos de frijol negro

Composición	Frijol negro crudo	Frijol negro cocido
Agua (%)	11,00	67,00
Energía (Kcal)	341,00	127,00
Proteína (g)	21,60	8,67
Grasa total (g)	1,42	0,50
AG. Saturados (g)	0,37	0,07
AG. Mono saturados (g)	0,12	0,04
AG. Polisaturados (g)	0,61	0,28
Colesterol	0,00	0,00
Carbohidratos (g)	62,36	22,80
Fibra dietética total (g)	15,50	6,40

Nota. Obtenido de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica en su Tercera Edición.

Fuente: (INCAP 2018).

Tabla 21*Contenido de minerales y vitaminas en 100 gramos de frijol negro*

Composición	Frijol negro crudo	Frijol negro cocido
Calcio (mg)	123,00	28,00
Hierro (mg)	5,02	2,94
Magnesio (mg)	171,00	45,00
Fósforo (mg)	352,00	142,00
Potasio (mg)	1483,00	403,00
Sodio (mg)	5,00	238,00
Zinc (mg)	3,65	1,07
Cobre	0,84	0,24
Selenio	3,20	1,20
Vitamina C	0,00	1,00
Tiamina	0,90	0,16
Riboflavina	0,19	0,06
Niacina	1,96	0,58
Á Pantoténico	0,90	0,22
Vitamina B6	0,29	0,12
Folato alimentos (mcg)	444,00	130,00
Folato FDE (mcg)	444,00	130,00
Vitamina E (mcg)	0,21	0,87
Vitamina k (mg)	5,60	3,30

Nota. Obtenido de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica en su Tercera Edición.

Fuente: (INCAP 2018).

Tabla 22*Contenido proteína de harina de Frijol y harina de Trigo en 100 gramos*

Composición	Harina de frijol	Harina de trigo
	negro	
Agua (%)	6,60	11,92
Energía (Kcal)	-	364,00
Proteína (g)	16,5	10,33
Grasa total (g)	1,10	0,98
AG. Saturados (g)	-	0,16
AG. Mono saturados (g)	-	0,09
AG. Polisaturados (g)	-	0,41
Colesterol	-	0,00
Carbohidratos (g)	68,70	76,31
Fibra dietética total (g)	4,20	2,70

Fuente: (INCAP, 2018 y García, et al., 2019, p. 136).

Tabla 23*Contenido de agua, energía y macronutrientes en 100 gramos de pasta cocida*

Composición	
Agua (%)	62,13
Energía (Kcal)	157,00
Proteína (g)	5,8
Grasa total (g)	0,93
AG. Saturados (g)	0,18
AG. Mono saturados (g)	0,13
AG. Polisaturados (g)	0,32
Carbohidratos (g)	30,59
Fibra dietética total (g)	1,80
Ceniza	0,55

Nota. Obtenido de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica en su Tercera Edición.

Fuente: (INCAP 2018).

15.4 Anexo D. Distribución de F calculado, 95 % de significancia.

v1/v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8451	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	5.0410	6.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3880
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0423	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9951	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3490	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1965	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0987	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0752	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4206	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3962	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0281	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3862	2.9920	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.3690	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.5324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3157	2.9223	2.6898	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1750	2.0867	2.0164	1.9588
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

...continuación

	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.09	251.14	252.20	253.25	254.32
2	19.396	19.413	19.429	19.446	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.5720	8.5494	8.5265
4	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.7170	5.6878	5.6581	5.6281
5	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3981	4.3650
6	4.0600	3.9999	3.9381	3.8742	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6688
7	3.6365	3.5747	3.5108	3.4450	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	3.3472	3.2840	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0328	3.0053	2.9669	2.9276
9	3.1373	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	2.7820	2.9130	2.8450	2.7740	2.7372	2.6996	5.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.6091	2.5705	2.5309	2.4900	2.4480	2.4045
12	2.7534	2.6866	2.6169	2.5436	2.5055	2.4663	2.4259	1.0000	2.3410	2.2962
13	2.6710	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3392	2.3842	2.2524	2.2064
14	2.6021	2.5342	2.4630	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2966	2.1778	2.1307
15	2.5437	2.4753	2.4035	2.3270	2.2878	2.2468	2.2043	2.2230	2.1141	2.0658
16	2.4935	2.4247	2.3522	2.2756	2.2354	2.1938	2.1507	2.1601	2.0589	2.0096
17	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1898	2.1477	2.1040	2.1058	2.0107	1.9604
18	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0584	1.9681	1.9168
19	2.3779	2.3080	2.2341	2.1550	2.1141	2.0712	2.0264	2.0166	1.9302	1.8780
20	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9796	1.8963	1.8432
21	2.3210	2.2504	2.1751	2.0660	2.0540	2.0102	1.9645	1.9464	1.8657	1.8117
22	2.2937	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.9380	1.9165	1.8380	1.7831
23	2.2747	2.2034	2.1282	2.0476	2.0050	1.9605	1.9139	1.8895	1.8128	1.7570
24	2.2547	2.1834	2.1077	2.0267	1.9838	1.9390	1.8920	1.8649	1.7897	1.7331
25	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8424	1.7684	1.7110
26	2.2191	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.9010	1.8533	1.8217	1.7488	1.6906
27	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9299	1.8842	1.8361	1.8027	1.7307	1.6717
28	2.1900	2.1176	2.0411	1.9586	1.9147	1.8687	1.8203	1.7851	1.7138	1.6541
29	2.1768	2.1046	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7689	1.6981	1.6377
30	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7537	1.6835	1.6223
40	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.5928	1.7369	1.5766	1.5089
60	1.9926	1.9174	1.8364	1.7480	1.7001	1.6491	1.5943	1.6380	1.4673	4.3892
120	1.9105	1.8337	1.7505	1.6580	1.6084	1.5543	1.4952	1.4290	1.3519	1.2539
∞	1.8307	1.7522	1.6664	1.5705	1.5173	1.4591	1.3940	1.3180	1.2214	1.0000

Fuente: (Watts, et al., 1992, citado por Cano, 2019).

15.5 Anexo E. Cuartiles de distribución de Tukey, $\alpha=0.05$

a= 0.05	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m														
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.89	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.31
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21
31	2.88	3.48	3.84	4.09	4.29	4.45	4.59	4.71	4.81	4.90	4.99	5.06	5.13	5.20
32	2.88	3.48	3.83	4.09	4.28	4.45	4.58	4.70	4.80	4.89	4.98	5.05	5.12	5.18
33	2.88	3.47	3.83	4.08	4.28	4.44	4.57	4.69	4.79	4.88	4.97	5.04	5.11	5.17
34	2.87	3.47	3.82	4.07	4.27	4.43	4.56	4.68	4.78	4.87	4.96	5.03	5.10	5.16

.. continuación

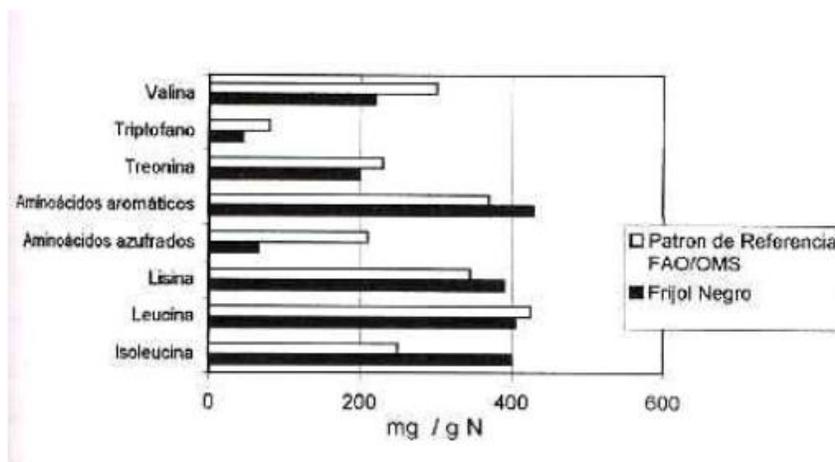
a= 0.05	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m														
35	2.87	3.46	3.81	4.07	4.26	4.42	4.56	4.67	4.77	4.86	4.95	5.02	5.09	5.15
36	2.87	3.46	3.81	4.06	4.25	4.41	4.55	4.66	4.76	4.85	4.94	5.01	5.08	5.14
37	2.87	3.45	3.80	4.05	4.25	4.41	4.54	4.66	4.76	4.85	4.93	5.00	5.07	5.13
38	2.86	3.45	3.80	4.05	4.24	4.40	4.53	4.65	4.75	4.84	4.92	4.99	5.06	5.12
39	2.86	3.45	3.79	4.04	4.24	4.39	4.53	4.64	4.74	4.83	4.91	4.98	5.05	5.11
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11
41	2.86	3.44	3.79	4.03	4.23	4.38	4.51	4.63	4.73	4.82	4.90	4.97	5.04	5.10
42	2.85	3.44	3.78	4.03	4.22	4.38	4.51	4.62	4.72	4.81	4.89	4.96	5.03	5.09
43	2.85	3.43	3.78	4.03	4.22	4.37	4.50	4.62	4.72	4.80	4.88	4.96	5.02	5.08
44	2.85	3.43	3.78	4.02	4.21	4.37	4.50	4.61	4.71	4.80	4.88	4.95	5.02	5.08
45	2.85	3.43	3.77	4.02	4.21	4.36	4.49	4.61	4.70	4.79	4.87	4.94	5.01	5.07
46	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.49	4.60	4.70	4.79	4.87	4.94	5.00	5.06
47	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.48	4.60	4.69	4.78	4.86	4.93	5.00	5.06
48	2.84	3.42	3.76	4.01	4.20	4.35	4.48	4.59	4.69	4.78	4.86	4.93	4.99	5.05
49	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.35	4.48	4.59	4.69	4.77	4.85	4.92	4.99	5.05
50	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.34	4.47	4.58	4.68	4.77	4.85	4.92	4.98	5.04

Fuente: (López, 2012 citado por Cano, 2019).

15.6 Anexo F. Perfil de aminoácidos esenciales del frijol negro cocido y trigo

Figura 2

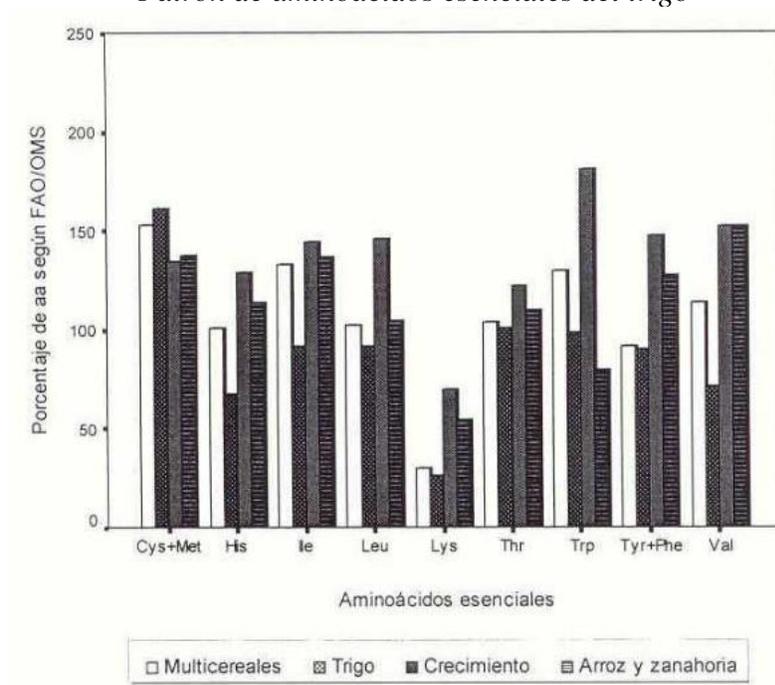
Patrón de aminoácidos esenciales de frijol negro cocido



Fuente: (Serrano y Goñi, 2004).

Figura 3

Patrón de aminoácidos esenciales del trigo



Fuente: (Pérez, et al. 2002).

15.7 Anexo G. Resultados del análisis químico proximal de proteína

Figura 4

Resultados de análisis químico proximal de proteína formulación 179, 601, 425 y harina de frijol negro



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

FORMULARIO BROMATO 7

INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 34155552 ext. 84119

Solicitado por: **MEILLYN ROCIO HERNÁNDEZ MALDONADO.** Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA.** No. **252**
Fecha de recibida la muestra: **26-07-2024.** Fecha de realización: **DEL 29-07 AL 02-08 -2024.**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.D. kcal/Kg
250	MUESTRA 179 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	3.42	96.58	---	---	11.37	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	10.99	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
251	MUESTRA 601 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	3.22	96.78	---	---	19.35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	18.73	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
253	MUESTRA 425 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	2.95	97.05	---	---	23.14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	22.46	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
254	HARINA DE FRIJOL NEGRO	SECA	1.76	98.24	---	---	26.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	25.58	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Sé prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4


T. L. José A. Morales S.
Laboratorista


Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Figura 5
Resultados de análisis químico proximal de proteína formulación 597



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



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
 Ciudad de Guatemala
 Telefax: 24188307 Teléfono: 34155552 ext. 84119

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Solicitado por: **MEILLYN ROCIO HERNÁNDEZ MALDONADO.** Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA.** No. **251**
 Fecha de recibida la muestra: **26-07-2024.** Fecha de realización: **DEL 29-07 AL 02-08 -2024.**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.D. kcal/Kg
252	MUESTRA 597 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	3.05	96.95	---	---	14.84	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	14.39	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
----	-----	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																

OBSERVACIONES: **TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 1**
 Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Sé prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

T. L. José A. Morales S.
 Laboratorista



Lic. Miguel Ángel Rodenas
 Jefe Laboratorio de Bromatología

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC, 2024.

Figura 6

Resultados de análisis químico proximal de proteína harina de trigo, mezcla 597, 601, 425



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



FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 34155552 ext. 84119

Solicitado por: **MEILLYN ROCIO HERNÁNDEZ MALDONADO.** Dirección: **MAZATENANGO.** No. **253**
Fecha de recibida la muestra: **26-07-2024.** Fecha de realización: **DEL 29-07 AL 02-08 -2024.**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. En KOH %	P.H.	TND %	E.D. kcal/Kg
255	HARINA DE TRIGO	SECA	2.22	97.78	---	---	13.47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	13.18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
256	MEZCLA 597	SECA	2.83	97.17	---	---	17.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	17.30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
257	MUESTRA 425 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	1.81	98.19	---	---	22.50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	22.10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
258	MUESTRA 601 PASTA TIPO LINGUINI	SECA	2.00	98.00	---	---	21.70	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	21.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

OBSERVACIONES: **TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4**
Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

[Signature]
T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



[Signature]
Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

15.8 Anexo H. Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP (proteína) para adolescentes y adultos.

Tabla 24

Requerimiento diario de proteína en adolescentes y adultos

Edad (años)	Peso (Kg)	Requerimiento promedio (g/Kg/día)
Hombres		
14-15.9	53,00	0,89
16-17.9	61,00	0,87
18 y más	64,00	0,83
Mujeres		
14-15.9	49,00	0,86
16-17.9	52,00	0,84
18 y más	55,00	0,83

Fuente: Menchú et al., 2012, p.45.

16. Apéndices

16.1 Apéndice A. Fichas técnicas de materias primas

Figura 7

Ficha técnica de harina de frijol negro

 Centro Universitario de Suroccidente Ingeniería en Alimentos 		
FICHA TÉCNICA DE HARINA DE FRIJOL NEGRO		
Elaborado por: Meilyn Hernández	Fecha: 03 de julio, 2024	Versión: 1
Nombre de la materia prima	Harina de frijo negro	
Descripción física del producto	La harina de frijol negro es un producto alimenticio obtenida de la molturación de los granos de frijol de vaina morada previamente remojados y secados.	
Materia prima principal	Frijol negro de vaina morada	
Características y propiedades	Color	Negro opaco
	Olor	Característico del frijol
	Sabor	Característico del frijol
	Textura	Arenosa
	Humedad	3, 00%
	Proteína	26,03 %
Estado de la materia prima	Sólido	
Empaque y presentaciones	Bolsas de polietileno de 1 kg	
Número de Registro Sanitario	-	
Vida del producto	Seis meses	
Alergenos	Este producto es libre de gluten	
Normatividad que rige la materia prima	RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones	
	COGUANOR 34 083:91 Harinas de origen vegetal. Harina de trigo, enriquecida. Especificaciones	
Consideraciones y recomendaciones de almacenamiento	Almacenar en un sitio fresco a temperatura ambiente, libre de humedad y aislado del suelo	

Figura 8
Ficha técnica de harina de trigo dura

	Centro Universitario de Suroccidente Ingeniería en Alimentos		
FICHA TÉCNICA DE HARINA DE TRIGO DURA			
Elaborado por: Meilyn Hernández	Fecha: 03 de julio, 2024	Versión: 1	
Nombre del fabricante	Molinos Modernos S. A.		
Descripción física del producto	La harina de trigo es un producto alimenticio obtenido de la molturación del grano de trigo entero, maduro y sano. Tiene un aspecto pulverulento, sin impurezas, insectos ni materias extrañas.		
Materia prima principal	granos de trigo dura		
Características y propiedades	Color	Blanco	
	Olor	Característico del trigo	
	Sabor	característico del trigo	
	Textura	suave y arenosa	
	Humedad	15%	
	Proteína	11%	
Estado de la materia prima	Sólido		
Empaque y presentaciones	Saco de papel de 23 kg		
Número de Registro Sanitario	B-15170		
Vida del producto	seis meses		
Alergenos	Este producto contiene gluten propio del trigo. Puede contener trazas de soja por contaminación cruzada.		
Normatividad que rige la materia prima	RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones		
	COGUANOR 34 083:91 Harinas de origen vegetal. Harina de trigo, enriquecida. Especificaciones		
Consideraciones y recomendaciones de almacenamiento	Almacenar en un sitio fresco a temperatura ambiente, libre de humedad y aislado del suelo		

Figura 9
Ficha técnica de agua purificada

	Centro Universitario de Suroccidente Ingeniería en Alimentos		
FICHA TÉCNICA DE AGUA PURIFICADA			
Elaborado por: Meilyn Hernández	Fecha: 03 de julio, 2024	Versión: 1	
Nombre del producto	DASANI		
Fabricante	The Coca Cola Company		
Descripción física del producto	Agua envasada sin gas a través de proceso de múltiples filtraciones, UV y Ozonificación,		
Materia prima principal	Agua		
Características y propiedades	Color	Incoloro	
	Olor	Inoloro	
	Sabor	Insípido	
Estado de la materia prima	Líquido		
Empaque y presentaciones	1 Litro		
Número de Registro Sanitario	B-28178		
Fecha de caducidad	19-jun-25		
Alergenos	No contiene		
Normatividad que rige la materia prima	CXS 227-2001 Norma general para las aguas embotelladas/envasadas		
Consideraciones y recomendaciones de almacenamiento	Almacenar en un lugar que no este expuesto directamente al sol.		

Figura 10
Ficha técnica de aceite de oliva extra virgen

	Centro Universitario de Suroccidente		
Ingeniería en Alimentos			
FICHA TÉCNICA DE ACEITE DE OLIVA EXTRA VIRGEN			
Elaborado por: Meilyn Hernández	Fecha: 03 de julio, 2024	Versión: 1	
Nombre del producto	Sublime		
Fabricante	Deoleo Global S.A.		
Descripción física del producto	El aceite es un alimentos obtenido del fruto del olivo por el proceso mecánico de prensado en frío para evitar las alteraciones del aceite.		
Materia prima principal	Fruto de olivo		
Características y propiedades	Color	Verde amarillento	
	Olor	Olor característico del olivo	
	Sabor	Sabor característico del olivo	
Estado de la materia prima	Líquido		
Empaque y presentaciones	Botella color ambar de vidrio de 250 ml		
Número de Registro Sanitario	C-5156		
Fecha de caducida	22/07/2025		
Alergenos	No contiene		
Normatividad que rige la materia prima	CXS 33-1981 Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva		
Consideraciones y recomendaciones de almacenamiento	Almacenar en un lugar fresco sin contacto directo de los rayos de luz solar		

16.2 Apéndice B. Boleta de evaluación sensorial



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Centro Universitario de Suroccidente
 Ingeniería en Alimentos
 Seminario 1

Nombre: _____ **Fecha:** _____ **Hora:** _____

Instrucciones: a continuación, se presentan tres muestras de pastas alimenticias identificadas con sus respectivos códigos de tres dígitos. Por favor, observe, degústelas y evalúe respecto a sus características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia, marque con una X el grado de aceptabilidad según su agrado, guiándose de las tablas que se le presenta a continuación.

COLOR

Categorías	Código			
	179	597	601	425
Me disgusta mucho				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta levemente				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta levemente				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				

OLOR

Categorías	Código			
	179	597	601	425
Me disgusta mucho				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta levemente				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta levemente				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				

SABOR

Categorías	Código			
	179	597	601	425
Me disgusta mucho				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta levemente				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta levemente				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				

TEXTURA

Categorías	Código			
	179	597	601	425
Me disgusta mucho				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta levemente				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta levemente				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				

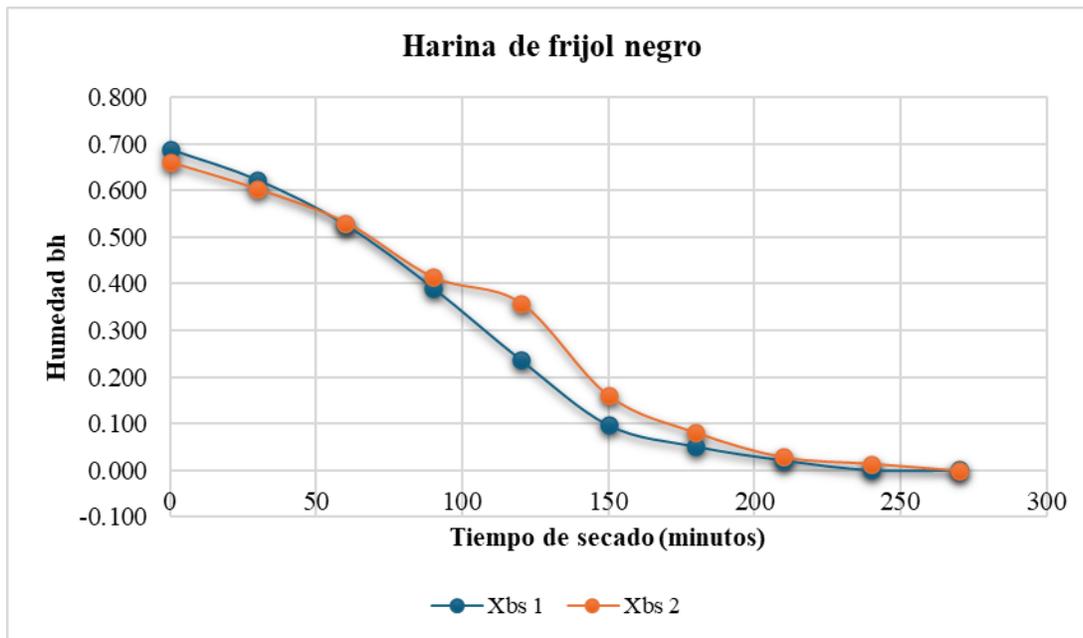
APARIENCIA

Categorías	Código			
	179	597	601	425
Me disgusta mucho				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta levemente				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta levemente				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				

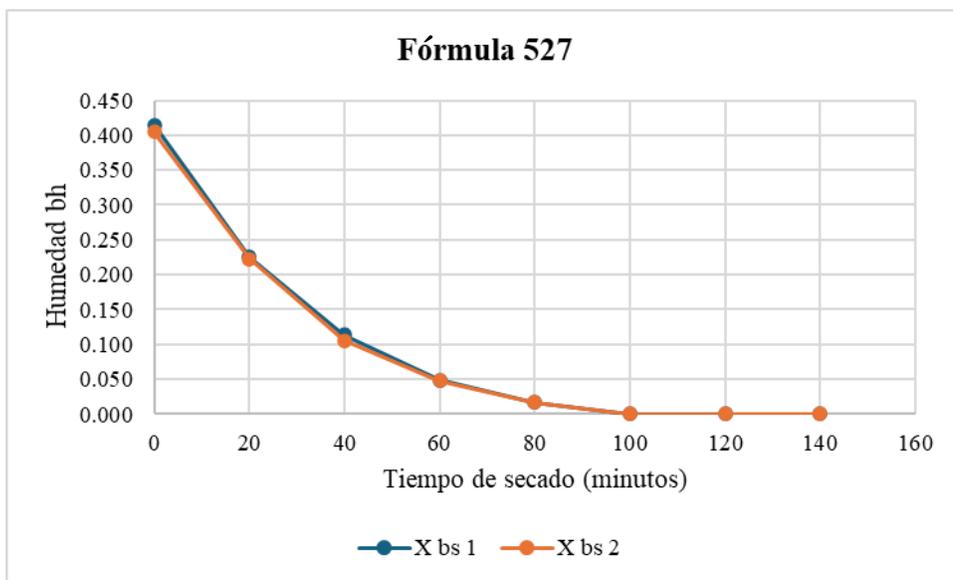
Observaciones: _____

16.3 Apéndice C. Curvas de secado

Gráfica 2
Curva de secado de harina de frijol negro

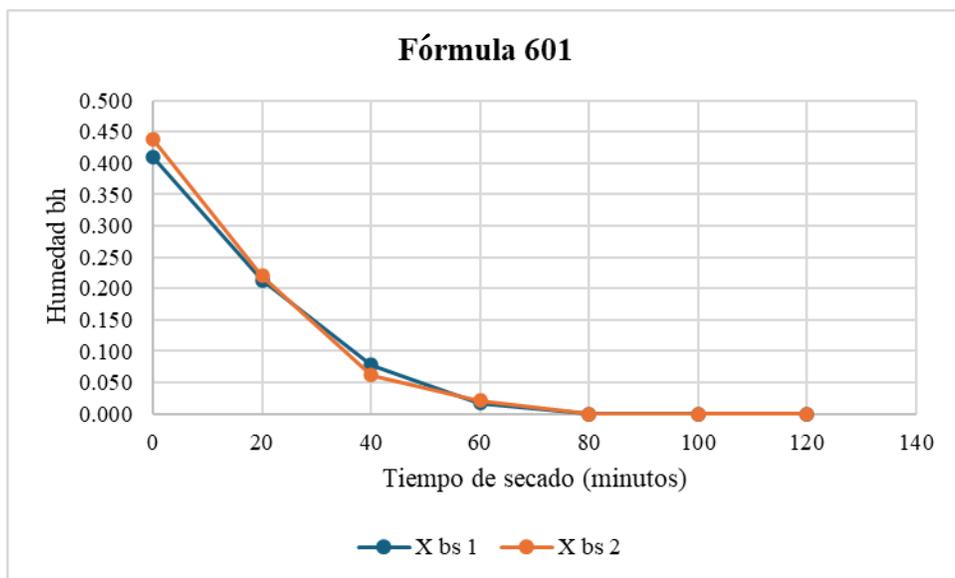


Gráfica 3
Curva de secado de fórmula 527



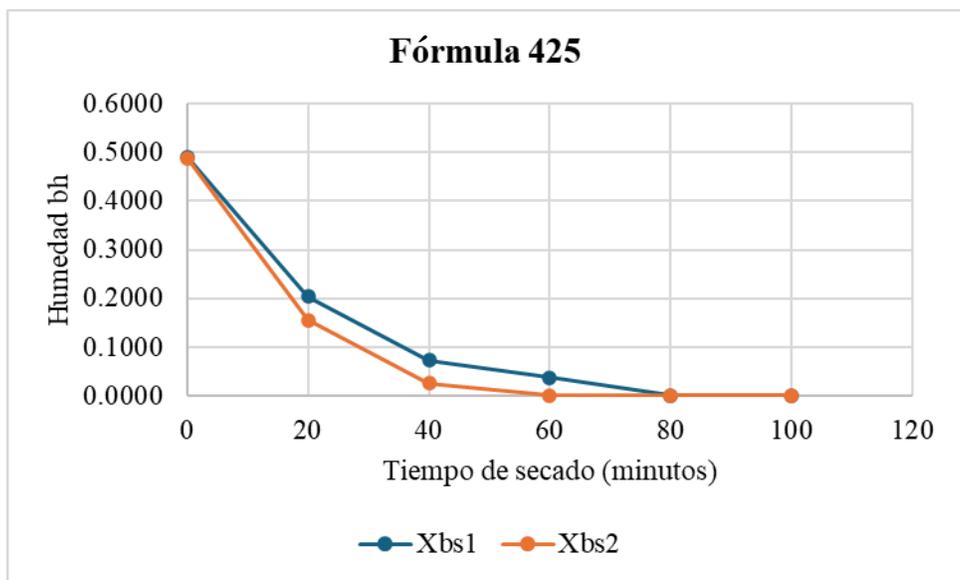
Gráfica 4

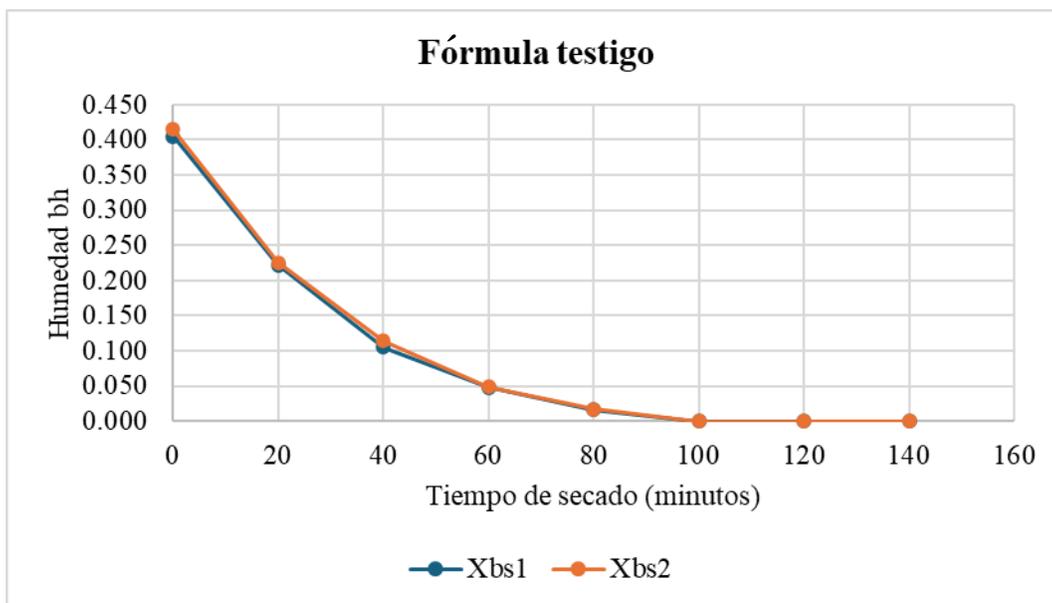
Curva de secado de fórmula 601



Gráfica 5

Curva de secado de fórmula 425



Gráfica 6*Curva de secado de fórmula testigo*

16.4 Apéndice D. Fotografías del proceso

Fotografía 11
Frijol negro de vaina morada



Fotografía 12
Frijol negro cocido



Fotografía 13
Proceso de secado de frijol negro



Fotografía 14
Tamizado de harina de frijol negro



Fotografía 15

Harina de frijol negro y harina de trigo duro

**Fotografía 16**

Mezclas de harinas de frijol negro y trigo duro

**Fotografía 17**

Mezcla de materias secas y líquidos



Fotografía 18
Masa para pastas



Fotografía 19
Pasta tipo linguini fresca



Fotografía 20
Pastas tipo linguini seca



Fotografía 21
Pastas tipo linguini empacada



16.5 Apéndice E. Tabulación de resultados de evaluación sensorial

Tabla 25

Tabulación de resultados de panel piloto en atributo color

Panelistas	179	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas
1	6	5	6	5	22	5,50
2	5	5	6	6	22	5,50
3	6	5	4	4	19	4,80
4	6	6	4	5	21	5,30
5	6	2	5	4	17	4,30
6	5	4	5	5	19	4,80
7	4	4	6	5	19	4,80
8	4	4	6	3	17	4,30
9	4	4	5	6	19	4,80
10	5	5	4	4	18	4,50
11	6	6	6	1	19	4,80
12	5	5	5	5	20	5,00
13	6	7	6	6	25	6,30
14	4	7	7	7	25	6,30
15	5	4	5	5	19	4,80
16	5	6	4	5	20	5,00
17	4	7	6	3	20	5,00
18	4	4	3	2	13	3,30
19	5	6	7	5	23	5,80
20	5	7	5	6	23	5,80
21	5	6	3	5	19	4,80
22	5	6	5	4	20	5,00
Muestras					Σ muestras	\bar{x} de muestras
179					110	5,00
597					115	5,23
601					113	5,14
425					101	4,59

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 26*Análisis de varianza de atributo color ($p > 0,05$)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelistas	38,74	21	1,84	1,51	0,1070	1,73
Pastas	5,22	3	1,74	1,42	0,2447	2,75
Error	77,03	63	1,22			
Total	120,99	87				

Nota. CV de 22,17 para el atributo color. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 27*Tabulación de resultados de panel piloto en atributo olor*

Panelistas	179	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas
1	7	7	7	7	28	7,00
2	6	5	6	6	23	5,67
3	5	6	5	3	19	4,67
4	6	6	6	6	24	6,00
5	5	5	6	4	20	5,00
6	6	6	7	6	25	6,33
7	5	6	6	4	21	5,33
8	5	1	6	7	19	4,67
9	6	6	5	6	23	5,67
10	5	4	6	5	20	5,00
11	5	3	6	5	19	4,67
12	5	5	6	5	21	5,33
13	6	6	7	6	25	6,33
14	5	5	5	4	19	4,67
15	4	4	5	4	17	4,33
16	7	7	7	6	27	6,67
17	5	5	6	4	20	5,00
18	4	4	4	5	17	4,33
19	6	5	7	6	24	6,00
20	5	4	6	6	21	5,33
21	4	5	4	4	17	4,33
22	7	6	7	7	27	6,67

Muestras	Σ muestras	\bar{x} de muestras
179	119	5,41
597	111	5,05
601	130	5,90
425	116	5,27

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 28

Análisis de varianza de atributo olor ($p > 0,05$)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Panelistas	57,72	21	2,75	4,14	0,0001	1,73
Pastas	8,82	3	2,94	4,43	0,0069	2,75
Error	41,85	63	0,66			
Total	108,38	87				

Nota. CV de 15,31 para el atributo de olor. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 29

Análisis de diferencia de medias por prueba de Tukey de olor ($P < 0,05$)

DHS=0,6587		601	597	425	179
		5,91	5,27	5,05	5,41
179	5,41	0,50	0,14	0,36	0
425	5,05	0,86*	0,22	0	
597	5,27	0,64	0		
601	5,91	0			

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 30*Tabulación de resultados de panel piloto en atributo sabor*

Panelistas	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas	
1	5	6	5	6	22	5,50
2	6	6	6	5	23	5,75
3	6	2	4	5	17	4,25
4	6	7	6	3	22	5,50
5	5	4	7	3	19	4,75
6	6	4	2	6	18	4,50
7	6	5	6	4	21	5,25
8	5	5	7	4	21	5,25
9	7	4	4	5	20	5,00
10	4	4	5	2	15	3,75
11	6	5	7	6	24	6,00
12	6	5	7	4	22	5,50
13	6	6	7	6	25	6,25
14	5	6	6	5	22	5,50
15	6	4	6	5	21	5,25
16	5	7	5	4	21	5,25
17	5	6	7	4	22	5,50
18	5	3	4	3	15	3,75
19	5	4	6	2	17	4,25
20	4	5	6	6	21	5,25
21	7	7	7	5	26	6,50
22	6	7	6	4	23	5,75
				Σ	\bar{x} de	
Muestras				muestras	muestras	
179				122	5,50	
597				112	5,09	
601				126	5,73	
425				97	4,41	

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 31*Análisis de varianza de Atributo sabor ($p > 0,05$)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelistas	44,97	21	2,14	1,73	0,0493	1,73
Pastas	22,76	3	7,59	6,13	0,0010	2,75
Error	77,99	63	1,24			
Total	145,72	87				

Nota. CV de 21,42 para el atributo sabor. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 32*Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de sabor*

DHS=0,8853	601	597	425	179
	5,7273	5,0909	4,4091	5,5000
179	5,5000	0,2273	0,4091	1,0909*
425	4,4091	1,3182*	0,6818	0
597	5,0909	0,6364	0	
601	5,7273	0		

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 33*Tabulación de resultados de panel piloto en atributo textura*

Panelistas	179	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas
1	6	4	5	5	20	5,00
2	6	5	7	5	23	5,75
3	5	4	5	2	16	4,00
4	5	4	7	5	21	5,25
5	5	2	5	1	13	3,25
6	5	3	5	3	16	4,00
7	4	3	6	3	16	4,00
8	5	3	7	1	16	4,00
9	5	4	5	7	21	5,25
10	7	6	6	2	21	5,25
11	5	3	4	2	14	3,50
12	7	6	7	6	26	6,50
13	7	6	7	5	25	6,25
14	6	6	5	5	22	5,50
15	5	3	3	2	13	3,25
16	6	7	5	5	23	5,75
17	5	5	7	4	21	5,25
18	6	7	5	1	19	4,75
19	6	5	7	4	22	5,50
20	5	4	5	5	19	4,75
21	6	6	4	3	19	4,75
22	7	7	5	6	25	6,25
					Σ	\bar{x} de
Muestras					muestras	muestras
179					124	5,64
597					103	4,68
601					122	5,55
425					82	3,73

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 34*Análisis de varianza de Atributo textura (p > 0,05)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Panelistas	78,33	21	3,73	2,82	0,0008	1,73
Pastas	52,40	3	17,47	13,20	0,0001	2,75
Error	83,35	63	1,32			
Total	214,08	87				

Nota. CV de 23,49 atributo textura. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 35*Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de textura*

DHS=0,9152	601	597	425	179
	5,5455	4,6818	3,7273	5,64
179	5,64	0,0945	0,9582*	1,9127*
425	3,7273	1,8182*	0,9545*	0
597	4,6818	0,8636	0	
601	5,5455	0		

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 36*Tabulación de resultados de panel piloto en atributo apariencia*

Panelistas	179	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas
1	5	4	5	5	19	4,75
2	6	5	6	6	23	5,75
3	7	4	5	4	20	5,00
4	6	6	5	3	20	5,00
5	5	3	5	1	14	3,50
6	6	2	4	5	17	4,25
7	6	5	7	6	24	6,00
8	7	2	7	4	20	5,00
9	7	4	6	7	24	6,00
10	6	5	5	1	17	4,25
11	5	5	7	3	20	5,00
12	6	7	6	5	24	6,00
13	5	6	6	5	22	5,50
14	5	4	5	4	18	4,50
15	5	3	5	2	15	3,75
16	5	5	3	4	17	4,25
17	6	5	7	4	22	5,50
18	7	7	5	1	20	5,00
19	6	6	5	1	18	4,50
20	7	6	6	6	25	6,25
21	6	7	3	5	21	5,25
22	6	7	5	3	21	5,25
					Σ	\bar{x} de
Muestras					muestras	muestras
179					130	5,91
597					108	4,91
601					118	5,36
425					85	3,86

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 37*Análisis de varianza de Atributo apariencia ($p > 0,05$)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Panelistas	47,24	21	2,25	1,29	0,2183	1,73
Pastas	49,67	3	16,56	9,48	0,0001	2,75
Error	110,08	63	1,75			
Total	206,99	87				

Nota. CV de 26,38 para atributo apariencia. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 38*Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de atributo apariencia*

DHS=1,0518	601	597	425	179
	5,3636	4,9091	3,8636	5,91
179	5,91	0,5464	1,0009	2,0464*
425	3,8636	1,5000*	1,0455	0
597	4,9091	0,4545	0	
601	5,3636	0		

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 39*Tabulación de resultados de panel piloto en aceptación general*

Panelistas	179	597	601	425	Σ de panelistas	\bar{x} de Panelistas
1	6	5	6	6	22	5,55
2	6	5	6	6	23	5,68
3	6	4	5	4	18	4,53
4	6	6	6	4	22	5,40
5	5	3	6	3	17	4,15
6	6	4	5	5	19	4,77
7	5	5	6	4	20	5,07
8	5	3	7	4	19	4,63
9	6	4	5	6	21	5,33
10	5	5	5	3	18	4,55
11	5	4	6	3	19	4,78
12	6	6	6	5	23	5,67
13	6	6	7	6	24	6,12
14	5	6	6	5	21	5,28
15	5	4	5	4	17	4,27
16	6	6	5	5	22	5,38
17	5	6	7	4	21	5,25
18	5	5	4	2	17	4,22
19	6	5	6	4	21	5,20
20	5	5	6	6	22	5,47
21	6	6	4	4	20	5,12
22	6	7	6	5	23	5,78
Muestras					Σ muestras	\bar{x} de muestras
179					121	5,50
597					110	4,99
601					122	5,54
425					96	4,37

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 40*Análisis de varianza de aceptación general ($p > 0,05$)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Panelistas	24,88	21	1,18	2,07	0,0139	1,73
Pastas	19,61	3	6,54	11,43	0,0001	2,75
Error	36,03	63	0,57			
Total	80,52	87				

Nota. CV de 14,84 para atributo apariencia. Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 41*Análisis de diferencias de medias por prueba de Tukey de aceptación general*

DHS=0,6021		601	597	425	179
		5,54	4,99	4,37	5,50
179	5,50	0,04	0,51	1,13*	0
425	4,37	1.17*	0,62*	0	
597	4,99	0,55	0		
601	5,54	0			

Fuente: elaboración propia, 2024.

17. Glosario

1. **Ácidos grasos:** ácidos orgánicos monoenoicos (pequeñas moléculas que se unen para formar largas cadenas), que se encuentran presentes en las grasas, raramente libres, y casi siempre esterificando al glicerol y eventualmente a otros alcoholes (FAO, 2013).
2. **Ácidos grasos saturados:** ácidos grasos con todos sus enlaces de carbono unidos por enlaces simples. Se encuentran principalmente en alimentos de origen animal como la carne, la leche y sus derivados (FAO, 2013).
3. **Aislados proteicos:** productos obtenidos de la extracción y purificación de proteínas de fuentes vegetales o animales. Se utilizan en la industria alimentaria como ingredientes para mejorar el contenido de proteína en diversos productos (Ulloa, et al., 2012).
4. **Albumina:** proteína globular soluble en agua que se encuentra en la clara del huevo, la leche y la sangre. Es una proteína de alta calidad con un alto valor biológico, (Carbajal, 2013).
5. **Al dente:** esta denominación proviene del italiano “al diente”, que se refiere al estado de cocción de la pasta que se caracteriza por poseer cierta resistencia (firmeza) al ser mordida. El resultado es que la pasta queda firme, pero no dura (Consumer, 2006).
6. **Aminoácidos:** moléculas que forman las proteínas. Se clasifican en esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales son aquellos que el cuerpo no puede sintetizar y deben obtenerse a través de la dieta (Carbajal, 2013).
7. **Humedad base húmeda:** medida porcentual de masa de agua que contiene una muestra, respecto de su masa total (Instituto Nacional de Metrología, 2021).
8. **Humedad base seca:** medida porcentual de la masa de una muestra, respecto de su masa total, luego de haber sido sometida a un proceso de secado (extracción de agua) (Instituto Nacional de Metrología, 2021).
9. **Calidad de la proteína:** valor nutricional de una proteína, que está determinado por su contenido de aminoácidos esenciales y su digestibilidad (Carbajal, 2013).

10. **Cohesividad:** capacidad de un material para mantener unidas sus partículas. En el contexto de los alimentos, se refiere a la fuerza con la que se adhieren las partículas entre sí (Talens, 2017).
11. **Compuestos fenólicos:** engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, nombre popular del hidroxibenceno, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas que tienen propiedades antioxidantes y otras propiedades beneficiosas para la salud (Gimeno, 2004).
12. **Digestibilidad:** forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Real Academia Española, 2023).
13. **Flavor:** sensaciones que el individuo experimenta cuando come diferentes alimentos. El Flavor se debe a tres sensaciones diferentes: gusto, trigeminal y aroma (Dumas, 2020).
14. **Globulinas:** grupo de proteínas de reserva más ampliamente distribuido, conforma la mayor parte de las proteínas en ciertos granos, por lo que han sido ampliamente estudiadas, principalmente en leguminosas como chícharo, habas, soya y Frijol. Se caracterizan por ser insolubles en agua y soluble en soluciones salinas (Espitia, et al., 2016).
15. **Glutenina:** proteína que se encuentra en el trigo y que es responsable de las propiedades elásticas del gluten (Espitia, et al., 2016).
16. **Granulo de almidón:** compleja estructura formada por dos polímeros: amilosa, formada por residuos de glucosa unidas por enlace glucosídico alfa-(1,4), escasamente ramificada y que representa el componente minoritario del gránulo (entre un 10-18%), y la amilopectina, componente principal del gránulo, formada por cadenas de unidades de glucosa unidas por enlaces alfa-(1,4) y con ramificaciones establecidas mediante enlaces alfa-(1,6) (Ragel, 2012).
17. **Granulometría:** en el contexto de los alimentos, la granulometría se utiliza para determinar el tamaño de las partículas de los alimentos como la harina, el azúcar y el polvo (Hy-Line, 2017).

18. **Índice glucémico (IG):** medida de la rapidez con la que un alimento puede elevar su nivel de azúcar (glucosa) en la sangre (Sandeep, 2022).
19. **Matriz alimentaria:** conjunto complejo de nutrientes y no nutrientes, que interactúan física y químicamente para determinar la microestructura de los alimentos (Zuluaga, 2023).
20. **Mercado abierto:** mercado donde los precios de los bienes y servicios se determinan por la oferta y la demanda sin intervención del gobierno (FAO, 2020).
21. **Mercado institucional:** mercado donde los precios de los bienes y servicios se determinan por instituciones, como el gobierno o una bolsa de valores (Ortega, 2022).
22. **Nutracéutica:** un producto que se obtiene de fuentes naturales y que tiene propiedades beneficiosas para la salud. Se presenta en cápsulas, pastillas, polvos o líquidos (OMS, 2020).
23. **Prolamina:** proteína que se encuentra en el gluten del Trigo, la cebada y el centeno. Es responsable de la elasticidad del gluten (Hernández, et al., 2015).
24. **Propiedades reológicas:** determinan el flujo de un material. Se miden en función de la viscosidad y la elasticidad (Haro y Espinosa, 2018).
25. **Tecnofuncionales:** propiedades que permiten a un ingrediente desempeñar una función específica en un alimento (Chaves, 2022).
26. **Valor biológico de proteína:** medida de la eficiencia con la que el cuerpo utiliza una proteína para sintetizar sus propias proteínas (Carbajal, 2013).
27. **Visco elasticidad:** es un tipo de comportamiento reológico anelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman (Haro y Espinosa, 2018).



Mazatenango, 26 de agosto de 2024

Comité de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
CUNSUROC, USAC
Presente

Respetables miembros del Comité de Trabajo de Graduación:

Por este medio nos dirigimos a ustedes deseándoles bendiciones de Dios en sus labores cotidianas.

El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que como asesores de Seminario II de la estudiante de la Carrera de Ingeniería en Alimentos: T.U. Meilyn Rocio Hernández Maldonado, quien se identifica con el carné No. 201841399, y realiza la investigación que se titula: **“Mejoramiento del contenido proteico de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro (*Phaseolus vulgare*) de vaina morada en Mazatenango, Suchitepéquez.”** El cual hemos finalizado la revisión y cumple con los requisitos para ser sometido a evaluación por la terna asignada para tal efecto.

Agradeciéndoles la atención prestada y sin otro particular, nos suscribimos deferentemente.



Dr. Edgar Roberto del Cid Chacón
Asesor principal



Inga. Alma Liliana Esquit Donis
Asesora adjunta



Mazatenango, Suchitepéquez, 10 de octubre del 2024

Señores miembros
Comité de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
CUNSUROC - USAC
Presente

Estimados profesionales:

Respetuosamente nos dirigimos a ustedes deseándoles éxitos en sus labores cotidianas.

El objetivo de la presente es para hacer de su conocimiento que hemos revisado el Trabajo de Graduación, en su fase de Semanario II, elaborado por la estudiante T. U. Meilyn Rocio Hernández Maldonado quien se identifica con carné No. 201841399, titulado: **“Mejoramiento del contenido proteico de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro de vaina morada (*Phaseolus vulgaris*) en Mazatenango, Suchitepéquez”**.

El cual consideramos llena todos los requisitos del Reglamento de Trabajo de Graduación, exigidos por la Carrera de Ingeniería en Alimentos, para que continúe con el proceso correspondiente.

Son otro particular nos suscribimos de ustedes,
Atentamente.

ID y ENSEÑAD A TODOS

Ph. D. Marco Antonio del Cid Flores
Presidente Terna Evaluadora

Ing. Carlos Alberto Hernández Ordoñez
Secretario Terna Evaluadora

M. Sc. Marvin Manolo Sánchez López
Vocal Terna Evaluadora



Mazatenango, 21 de enero de 2025.

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
 Coordinador
 Centro Universitario de Sur Occidente.
 CUNSUROC –USAC–.
 Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **“Mejoramiento del contenido proteico de una pasta alimenticia tipo linguini a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum durum*) por harina de frijol negro de vaina morada (*Phaseolus vulgaris*) en Mazatenango, Suchitepéquez”**, el cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Meilyn Rocio Hernández Maldonado**, identificado (a) con número de carné: **201841399**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del **imprimase**.

Deferentemente.

Recibido
 M
 21/01/2025



M.Sc. Ing. Victor Manuel Najera Toledo
 Coordinador
 Carrera de Ingeniería en Alimentos.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-29-2025

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veintisiete de marzo de dos mil veinticinco.-----

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: **“MEJORAMIENTO DEL CONTENIDO PROTEICO DE UNA PASTA ALIMENTICIA TIPO LINGUINI A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (TRITICUM DURUM) POR HARINA DE FRIJOL NEGRO DE VAINA MORADA (PHASEOLUS VULGARIS) EN MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ”**, de la estudiante: **Meilyn Rocio Hernández Maldonado** , carné No. 201841399 CUI: **3271 95630 1018** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director CUNSUROC



/gris