

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERIA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Formulación de subproductos a base de Kernel de *Macadamia integrifolia*
“macadamia” *Proteaceae* en finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez.**

T.P.A Josselin Gabriela Guadalupe Mejía Tay

Carné: 201747603

CUI: 3226 10931 1001

Correro: mejiagabriela997@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, julio 2024.

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 ESTUDIANTILES

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

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales
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

Este trabajo de graduación se lo dedico a:

Principalmente a Dios ya que fue mi guía en este proceso, por el amor incondicional, por la sabiduría que me regala siempre, y por la salud hasta el día de hoy.

A mi madre Bertha Yolanda, quien me brinda amor, comprensión, paciencia, sabiduría y por ayudarme con los recursos necesarios para completar una meta más en mi vida.

A mi mamita Berta Lidia Tay Solís, Aunque ya no estés físicamente junto a nosotros, tu presencia sigue iluminando nuestras vidas con tu amor y sabiduría desde el cielo. Tu recuerdo perdura como un faro de inspiración, guiándonos en los momentos de oscuridad y brindándonos consuelo en los días difíciles. Tu amor incondicional sigue siendo nuestra fuerza motriz, y aunque te extrañemos cada día, encontramos consuelo en saber que estás en un lugar de paz y serenidad, cuidándonos desde arriba.

A mi papito Pedro Mejía, gracias por la bondad infinita y su generosidad los cuales han sido faros de luz en mi camino, guiándome con ternura y comprensión en cada paso que doy.

A mis hermanos por la paciencia, amor y el apoyo incondicional, en especial a mi hermana Samantha Poncio Mejía. A mi familia quienes me han brindado la seguridad, amor y apoyo para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que conforman finca Panamá S.A. Por brindarme la confianza, el apoyo y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de las diferentes áreas. A Jeyber Ordoñez, colaborador en la realización de este trabajo de graduación y el proceso de mi formación académica

Mis agradecimientos al Centro Universitario De Suroccidente, a la Carrera de Agronomía Tropical, a los ingenieros por el conocimiento y apoyo, a los catedráticos en especial al Inga. Agra. María Clarisa Rodríguez, Inga. Alimentos. Dora Emilia Rodas quienes, con el conocimiento, hicieron que alcanzara mi formación profesional, gracias a cada uno de ustedes por el cariño, la paciencia y la dedicación.

Gracias a mis queridos amigos, por la amistad, por el apoyo mutuamente en nuestra formación profesional, y que, hasta ahora, seguimos siendo amigos: Carlos Rafael Sotto Ramos, María Fernanda Morales, Yany Alejandra Che y José Adolfo Castillo Amézquita

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. MARCO TEÓRICO	3
1. Marco Conceptual	3
1.1. Origen del cultivo de macadamia “ <i>Macadamia integrifolia</i> ”	3
1.2. Taxonomía	3
1.3. Descripción de la especie	3
1.4. Condiciones ecológicas del cultivo	4
1.4.1. Temperatura	4
1.4.2. Precipitación pluvial y humedad relativa	4
1.5. Cosecha	4
1.6. Manejo postcosecha	5
1.8. Formulaciones	7
1.9. Paneles de catación	7
1.9.1. (Prueba Piloto)	7
1.9.2. Paneles de evaluación sensorial	7
1.9.3. Muestras	8
1.10. Pruebas de la caracterización sensorial	8
1.11. Escala hedónica	8
1.12. Prueba de escala hedónica facial	9
1.13. Vitaminas y minerales	9
1.14. Harina	10
1.15. Historia de la harina	10

1.16.	Composición de la harina de trigo	10
1.17.	Galletas	11
1.18.	Bebida vegetal	11
1.18.1.	Particularidades nutritivas	12
1.19.	Frutos secos	12
1.19.1.1.	Almendra	12
1.19.1.2.	Avellanas	12
1.19.1.3.	Chufa	13
1.20.	Extracto de vainilla	13
1.21.	Ekomilk	13
1.22.	MioMat Milky	13
1.23.	Aceite de macadamia	14
1.23.1.	Propiedades de aceite de macadamia	14
2.	Marco Referencial	15
2.1.	Antecedentes históricos	15
2.2.	Información general finca Panamá, Agropecuaria Atitlán, S.A.	15
2.2.1.	Nombre	15
2.2.2.	Localización	15
2.2.3.	Vías de acceso	16
2.2.4.	Ubicación geográfica	16
2.3.	Descripción ecológica	17
2.3.1.	Zona de vida y clima	17
2.3.2.	Suelos	17
2.3.3.	Hidrología	17
IV.	OBJETIVOS	18

1.	Objetivo General	18
2.	Objetivo Especifico	18
V.	HIPÓTESIS	19
1.	Hipótesis Nula	19
2.	Hipótesis alternativa	19
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
1.	Materiales	20
1.1.	Recursos físicos	20
1.2.	Recursos humanos	21
1.3.	Recursos financieros	21
2.	Metodología	21
VII.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
VIII.	CONCLUSIONES	86
IX.	RECOMENDACIONES	87
X.	REFERENCIAS	88
XI.	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Número	Página
1 . Contenido vitamínico de nuez de macadamia <i>Macadamia integrifolia</i>	9
2 . Composición de la harina de trigo	10
3 . Descripción de los tratamientos.	25
4 . Descripción de los tratamientos cualidad color	25
5 . Resultado de la elaboración de las formulaciones (Prueba Piloto).	29
6 . Formulaciones finales de bebida vegetal	30
Tabla 7 . Composición de cada formulación (prueba piloto).....	34
Tabla 8 . Formulaciones finales (galletas de macadamia).	35
Tabla 9 . Composición nutricional de las formulaciones.	50
Tabla 10 . Composición de nutrientes de la leche de vaca.	52
Tabla 11 . Resultados: Comparación formulación inicial y final.	60
Tabla 12 . Resultados: Comparación formulación inicial y final.	71
Tabla 14 . Datos de nueces de macadamia variedad 508 y 660	72
Tabla 14 . Costo de producción de bebida vegetal Formulación Uno.	75
Tabla 15 . Costos de producción de la bebida vegetal Formulación Dos.	76
Tabla 16 . Costos de producción de la bebida vegetal Formulación Tres.	77
Tabla 17 . Costos de producción galleta de macadamia Formulación Uno.	79
Tabla 18 . Costos de producción galleta de macadamia Formulación Dos.	80
Tabla 19 . Costos de Producción galletas de macadamia Formulación Tres.	81
Tabla 20 . Costo de producción aceite de macadamia Primera calidad variedad 508.	83
21 . Costos de producción de aceite a base de macadamia Segunda calidad variedad 660 ..	84
Tabla 22 . Cuadro de Análisis de la Varianza (prueba piloto) color.	94
Tabla 23 . Análisis de la varianza (prueba piloto) aroma.	94
Tabla 24 . Análisis de la varianza (prueba piloto) sabor.	94
Tabla 25 . Análisis de la varianza Color.	97
Tabla 26 . Prueba de tukey Color.	97
Tabla 27 . Análisis de la varianza Aroma.	97
Tabla 28 . Análisis de varianza Sabor.	97

Tabla 29 . Tabla de media Tukey Sabor.....	97
Tabla 30 . Análisis de la varianza (prueba piloto) Apariencia.	99
Tabla 31 . Análisis de varianza (prueba piloto) Sabor.	99
Tabla 32 . Prueba de medias Tukey Sabor.	99
Tabla 33 . Análisis de varianza (prueba piloto) Consistencia.	99
Tabla 34 . Análisis de la varianza (prueba piloto) Aroma.	99
Tabla 35 . Análisis de la varianza (formulación final) Apariencia.....	100
Tabla 36 . Prueba de medias Tukey Apariencia.	100
Tabla 37 . Análisis de la Varianza (formulación final) Sabor.....	100
Tabla 38 . Prueba de medias Tukey Sabor.	100
Tabla 39 . Análisis de la Varianza (formulación final) Consistencia.....	101
Tabla 40 . Prueba de medias Tukey Consistencia.	101
Tabla 41 . Análisis de la Varianza (formulación final) Aroma.....	101
Tabla 42 . Prueba de medias Tukey Aroma.	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación geográfica finca Panamá	16
2. Formula de muestra infinita	23
3. Total, de concha a muestrear	24
4. Calidad de macadamia variedad 508 en el área de postcosecha	40
5. Calidad de macadamia variedad 660 en el área de postcosecha.	41
6. Rendimiento y los daños en kernel variedad 508.	43
7. Rendimiento y los daños en kernel variedad 660.	44
8. Rendimiento y los daños en kernel variedad 508.	45
9. Rendimiento y los daños en kernel variedad 660.	46
10. Diámetro de kernel (mm) primera calidad variedad 508.	47
11. Diámetro de kernel (mm) segunda calidad variedad 508.	48
12. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Color	53
13. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Aroma.	54
14. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Sabor.	55
15. Análisis Sensorial (Formulación Final): Color.	57
16. Resultado del Análisis sensorial (Formulación Final): Aroma	58
17. Resultado del Análisis sensorial Formulación Final Sabor	59
18. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Apariencia.	62
19. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Sabor.	63
20. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Consistencia	64
21. Resultado del Análisis sensorial (Prueba Piloto): Aroma.	65
22. Resultado del Análisis sensorial (Formulación final): Apariencia.	66
23. Resultado del Análisis sensorial (Formulación Final): Sabor	68
24. Resultado del Análisis sensorial (Formulación Final): Consistencia.	69
25. Resultado del Análisis sensorial (Formulación Final): Aroma	70
26. Rendimiento de aceite	73

27. Comparación de rendimiento extractivos de aceite fijo ml/kg de macadamia	74
28. Bebida vegetal milkadamia.	78
29. Aceite de macadamia establecido en el mercado.	85
30. Ficha sensorial subproducto bebida vegeta	91
31. Ficha sensorial subproducto galleta a base de macadamia	92
32. Datos del análisis sensorial bebida vegetal (prueba piloto).	93
33. Datos del análisis sensorial (formulación final).	96
34. Datos del análisis sensorial (prueba piloto).	98
35. Analisis a la bebida vegetal con Ekomilk	102
36. Resultados del análisis fisicoquímico en aceite de macadamia	102
37. Clasificación de concha de macadamia.	103
38. Proceso de formulación (prueba piloto).	103
39. Colado de la bebida vegetal (prueba piloto).	104
40. Formulaciones de la (prueba piloto)	104
41. Formulación de galletas (prueba piloto).	105
42. Formulación dos (prueba piloto).	105
43. Formulación final.	106
44. Proceso de formulaciones finales, finca panamá.	106
45. Extractor de aceite	107
46. Resultado de extracción de aceite	107
47. Trituración de la nuez de macadamia para el proceso de la bebida vegetal	108
48. Catación de la formulación final de galletas CUNSUROC	108

RESUMEN

Finca Panamá se dedica a la producción de Hule *Hevea brasiliensis*, Café *Coffea arábica*, Limón *Citrus sp*, Macadamia *Macadamia integrifolia*, Mangostán *Garcinia mangostana*, Quina *Cinchona pubescens* y Bambú *Bambusa vulgaris*. Posee una extensión aproximada de 1515.48 hectáreas cultivadas por los diferentes cultivos establecidos

El objetivo principal de esta investigación fue crear tres formulaciones para cada uno de los subproductos: bebida vegetal, galletas y aceite a base de kernel (término inglés, que puede traducirse como “núcleo”, no forma parte del diccionario de la Real Academia Española) (RAE)). de macadamia, con el fin de aprovechar al máximo la materia prima disponible y obtener el costo de cada subproducto en finca.

Los estándares de calidad para la macadamia se establecieron en el manejo postcosecha, utilizando la formulación de muestra infinita (La muestra infinita es el tamaño de muestra de una población desconocida, donde el investigador necesita un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 3% y se desconoce la probabilidad “p” del evento que se está estudiando), se determinó la cantidad total de nueces a evaluar. La macadamia de primera posee una cáscara verde y ausencia de daños por plagas o enfermedades, mientras que la macadamia de segunda se caracteriza por su color café. La clasificación de kernel (parte comestible de la nuez de macadamia, que es la semilla contenida dentro de ella), se realizó mediante las observaciones y clasificación de los daños presentados en las variedades 508 y 660.

En la etapa de la elaboración de los subproductos (bebida vegetal, galletas y aceite) se basó en el uso de kernel de macadamia de primera y segunda calidad, utilizando la variedad 508 y 660. Para perfeccionar el subproducto, se desarrollaron tres formulaciones diferentes con diversas concentraciones de estos ingredientes la cual fue prueba piloto para la evaluación de las características de los subproductos, como el sabor, la textura y color, aspectos claves para el desarrollo de las formulaciones finales de la bebida vegetal.

En cuanto a los resultados en las evaluaciones se mencionan las formulaciones que mayor aceptabilidad tuvieron mediante el análisis sensorial la cual fue la segunda formulación de la bebida vegetal realizada con la variedad 660 de primera calidad con los componentes

macadamia 109 gramos, sal 10 gramos, agua H₂O 1,000 mililitros y vainilla 15 ml, teniendo un costo de 19.49 quetzales por litro.

En la evaluación de la galleta la formulación dos realizada con la variedad 660 de primera calidad con los componentes harina 200 gramos, polvo para hornear 15 gramos, sal 20 gramos, azúcar 350 gramos, miel 60 gramos, vainilla 15 ml y 250 gramos de macadamia, destacó y siendo la más aceptable por parte de los panelistas. El costo total fue de Q77.66 por lote de 50 galletas teniendo un precio de 1.55 quetzales por unidad. Para la evaluación de la extracción del aceite la formulación dos obtuvo mayor rendimiento por kilogramos el total fue de 575 ml/kl la variedad 660.

SUMMARY

Finca Panamá is dedicated to the production of Rubber *Hevea brasiliensis*, Coffee *Coffea arabica*, Lemon Citrus *sp*, Macadamia *Macadamia integrifolia*, Mangosteen *Garcinia mangostana*, Quina *Cinchona pubescens* and Bamboo *Bambusa vulgaris*. It has an approximate area of 1515.48 hectares cultivated by the different established crops.

The main objective of this research was to create three different formulations for each of the by-products (vegetable drink, cookies and macadamia-based oil), in order to make the most of the available raw material and obtain the cost of each by-product on the farm.

The quality standards for macadamia were established in postharvest handling, using the infinite sample formulation, the total amount of nuts to be evaluated was determined. The first-class macadamia has a green peel and no damage from pests or diseases, while the second-class macadamia is characterized by its brown color. The classification of the kernel (edible part of the macadamia nut, which is the seed contained within it), was carried out through observations and classification of the damages presented in varieties 508 and 660.

In the stage of preparation of the by-products (vegetable drink, cookies and oil) it was based on the use of first and second quality macadamia, using the 508 and 660 variety. To perfect the by-product, three different formulations with different concentrations were developed. of these ingredients which was a pilot test for the evaluation of the characteristics of the by-products, such as flavor, texture and color, key aspects for the development of the final formulations of the vegetable drink.

Regarding the results obtained in the evaluations, the formulations that had the greatest acceptability were mentioned through sensory analysis, which was the second formulation of the vegetable drink made with the top quality 660 variety with the components macadamia 109 grams, salt 10 grams, H₂O water 1,000 milliliters and vanilla 15 ml, having a cost of 19.49 quetzales per liter.

In the evaluation of the cookie, formulation two was made with the top quality 660 variety with the components flour 200 grams, baking powder 15 grams, salt 20 grams, sugar 350 grams, honey 60 grams, vanilla 15 ml and 250 grams of macadamia, highlighted and being

the most acceptable by the panelists. The total cost was Q77.66 per batch of 50 cookies, with a price of 1.55 quetzales per unit. For the evaluation of oil extraction, formulation two obtained the highest yield per kilogram, the total was 575 ml/kg for variety 660.

I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, se llevó a cabo el proceso de formulación de subproductos derivados del cultivo de *Macadamia integrifolia* en finca Panamá. Durante este estudio, se establecieron los estándares de calidad relacionados con el rendimiento de las variedades de macadamia 508 y 660, con el propósito de desarrollar formulaciones específicas para cada subproducto, ya que el problema que existe en este año 2024, es la disminución de los precios de la nuez de macadamia. Según un informe de Tridge, (2023), han experimentado una reducción del 30% en comparación con los valores de 2022.

La investigación tuvo como objetivo principal la realización de formulaciones de tres subproductos: bebida vegetal, galletas y aceite a base del kernel de macadamia en finca Panamá. Las formulaciones se evaluaron mediante una boleta sensorial, escala hedónica, con un diseño experimental bloques al azar. Para el proceso en la determinación de los estándares de calidad de la macadamia y en kernel, se procedió a realizar una formulación de muestra infinita para la obtención de muestras en el área, para la determinación de rendimiento y daños que presentaron las nueces y el kernel.

Las formulaciones se elaboraron en un término de cuatro meses en el área de laboratorio, asimismo, se mantuvo la inocuidad en su manejo. Teniendo las formulaciones se realizó el análisis hedónico para los diferentes subproductos (bebida vegetal, galleta y aceite utilizando el kernel de macadamia). Se desarrollaron capacitaciones para los diferentes grupos de personas panelistas para el proceso de evaluación de los subproductos de manera imparcial y objetiva. La importancia de la investigación es la búsqueda de alternativas para la creación de subproductos, motivo de la disminución de los precios de producción.

II. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de generar información técnica y desarrollar formulaciones relacionadas con la producción de subproductos a base de *Macadamia integrifolia*, es esencial para el aprovechamiento y transformación de la materia prima, así mismo, la carencia de esta misma relacionada con la producción, transformación de subproductos y procesos de postcosecha se ha identificado como un obstáculo significativo que impide el desarrollo de programas destinados a la industrialización de los subproductos de macadamia y la promoción de este cultivo en el mercado local.

La presente investigación ha contribuido de manera sustancial a finca Panamá al proporcionar información importante sobre el uso de la materia prima del cultivo de macadamia, para el desarrollo de diversas formulaciones de subproductos (bebida vegetal, galletas y aceite de macadamia). Además, se han evaluado los estándares de calidad de las variedades de *Macadamia integrifolia* 508 y 660, y se ha calculado el costo de producción de cada subproducto elaborado a nivel de laboratorio en la finca.

Abordar este problema es esencial para garantizar la rentabilidad del cultivo de macadamia y su viabilidad en el mercado local, lo cual generará a la finca un ingreso y la opción de expandir los productos a nivel departamental y nacional.

III. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Origen del cultivo de macadamia “*Macadamia integrifolia*”

Según MAG (2019), la macadamia es originaria de la zona subtropical de Australia en la región costera, al sur de Queensland y al norte de Nueva Gales del Sur, cuyo clima es caliente y lluvioso.

Existen tres especies de macadamia: *Macadamia tetraphylla* con cuatro hojas y concha rugosa, *Macadamia integrifolia* con tres hojas y concha lisa y *Macadamia ternifolia* con tres hojas, nuez amarga y pequeña. Actualmente, sin embargo, se cultiva en otras partes del mundo como Hawái, California, Florida, Centroamérica, Brasil, Indonesia y África oriental.

Por su aspecto, las nueces de macadamia también llamadas nueces australianas presentan características que las distinguen muy fácilmente de otras variedades de nuez, como pueden ser las más populares y que nacen de los nogales.

1.2. Taxonomía

El género *Macadamia* pertenece a la familia *Proteaceae*, el que incluye al menos cinco especies en Australia y diez a escala mundial (JUCN, 2019).

- Clase *Magnoliopsida*
- Orden *Proteales*
- Familia *Proteaceae*
- Subfamilia *Grevilleoideae*.
- Género *Macadamia*

1.3. Descripción de la especie

Los árboles de macadamia son siempre verdes, de follaje denso, alcanzando los 10 a 20 m de altura y un ancho de copa de 13 a 15 m. En el caso de *M. tetraphylla*, las hojas pueden tener 50 cm de largo, márgenes aserrados y se presentan en verticilos alrededor de cada nudo, en número de cuatro.

Las flores son de color blanco cremosas o rosadas. Aparecen de julio a septiembre y *M. integrifolia* puede tener varios flujos a través del año. El racimo floral posee 200 o más flores y cada flor tiene cuatro estambres y un ovario con dos óvulos (Reyes & Lavín , s.f).

El fruto es una nuez comestible esférica, presenta color blanco cremoso, el cual se encuentra en el interior de un pericarpio duro, liso y de color café, que a su vez está dentro de una cáscara verde y suave, dehiscente en la madurez. La nuez de macadamia mide entre 2,5 y 3,5 cm de diámetro.

1.4. Condiciones ecológicas del cultivo

La macadamia es originaria de los bosques lluviosos del litoral de Australia, por consiguiente, se adapta a regiones comprendidas entre las zonas de vida que Holdridge (1982), denomina Bosque Húmedo y muy húmedo Subtropical, húmedo subtropical y Bosque muy húmedo Pre montano tropical.

1.4.1. Temperatura

Es uno de los factores importantes en el crecimiento, floración y producción y calidad de la nuez. Los rangos de temperatura van de 14° a 18°C (temperatura mínima) con rangos de fluctuación que no sean mayores a 10°C. Las temperaturas altas de 32° C o más afectan el desarrollo y calidad. Por otro lado, el rendimiento y la calidad de la fruta se ven afectados por periodos de sequía y de temperaturas bajas, (Reyes & Lavín , s.f)

1.4.2. Precipitación pluvial y humedad relativa

La macadamia se adapta a regiones con precipitaciones anuales entre 1,000 a 4,000 mm. El mínimo anual de precipitación pluvial para que exista una alta producción es de 1,000 mm. En caso de haber más de dos meses de sequía se requiere de riego (De León 2018).

1.5. Cosecha

La cosecha de las nueces de macadamia se realiza de manera manual, las nueces después que maduran por sí solas se desprenden del árbol y caen al suelo donde son recolectadas. Básicamente existen dos métodos para la recolección de los frutos, del suelo, (De León 2018).

La recolección manual del fruto del suelo deberá comenzar lo antes posible tras la maduración con el fin de reducir al mínimo los daños por ataques de hongos, exposición prolongada a ambientes húmedos, o la infestación de insectos. La cosecha debe realizarse como mínimo cada tres días, la organización de cada finca dependerá de la cantidad de

árboles que posea el productor y de la edad de los mismos. En días lluviosos la frecuencia de recolección debe aumentar, debiéndose cosechar los frutos caídos en el día, (De León, 2018).

1.6. Manejo postcosecha

El fruto se clasificará de acuerdo a las especificaciones de comercialización, siendo los principales: Son nueces de primera calidad presentando una coloración verde con tolerancia mínima de daños, nueces de segunda calidad presenta un color verde manchado de color café, con cierta tolerancia de daños,

Macadamia de primera: Se caracteriza por el color verde de cascara, sin daños causados por plagas y enfermedades, generalmente la cascara esta aun cerrada protegiendo la concha del ambiente, (AGRATISA, 2023).

Macadamia de segunda: Se caracteriza por el color café en su cascara este se puede presentar desde machas café hasta estar completamente café o bien esta tenga daños mecánicos que afecten la calidad de la cascara que cubre la concha, también se considera la macadamia que está fuera de su cascara, (AGRATISA, 2023).

Kernel: Se refiera a la parte comestible de la nuez de macadamia, que es la semilla contenida dentro de ella.



Fuente: (Interfat, s,f)

El proceso de despochado consiste en la separación de la nuez de la cáscara verde y café, este proceso se puede hacer de dos maneras:

1) Manual: Se realiza a través de un mazo para ablandar la cáscara y luego retirarla con las manos, se deberá de realizar con cuidado, evitando quebrar la concha o lastimarse las manos.

2) Mecánico: Se realiza con una máquina tipo molino (despochadora) la cual lleva un mecanismo que muele la cáscara, dejando intacta la concha del fruto, este proceso es más eficiente y económico para volúmenes grandes.

La clasificación de la macadamia en cuanto a calidad y tamaño es un proceso muy importante pues este le puede agregar valor al producto, (Brokaw, s.f).

La clasificación en concha húmeda se realiza de manera manual y visual. En este proceso se separan las nueces con distintos tipos de daños tales como de barrenador, hongos, roedores, argeño, tiernas y quebradas, luego se procede a sumergir la macadamia en concha húmeda en agua potable o purificada, si las nueces flotan deberán ser separadas, puesto que estas nueces están vanas o vacías, (Brokaw, s.f).

El secado de la nuez se realiza mediante una plancha que posee ventiladores para el proceso de secado, la macadamia va perdiendo su humedad en cada etapa: en fruto promedio 25% de humedad; con el descascarillado, la concha húmeda pierde un 7% de humedad, resultado en el 18%, (Brokaw, s.f).

Desconchado o quiebre: puede realizarse de forma manual y mecánica, consistiendo en el quiebre de la concha, un indicador de calidad es que la semilla interna suene, el porcentaje de humedad esté en el rango del 3 al 1%. El mejor quebrado es a un 4% de humedad, ya que produce menor daño de la nuez, (Brokaw, s.f).

1.7. Subproductos

La nuez de Macadamia por ser un producto, de buen sabor, alto poder alimenticio y ser considerada como la nuez más fina del mundo, es utilizado por el mercado gourmet; como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y en los cocteles.

Las nueces que no califican para ser exportadas pueden ser empleadas para la extracción de aceite, ya que es uno de los más saludables y apropiados para usarse como aceite de

ensalada y de cocina; con la ventaja de tener un punto inferior para flamear que otros aceites vegetales (González , 2014).

1.8. Formulaciones

La formulación es el proceso en el que una variedad de sustancias diferentes se combina en proporciones precisas para crear un producto específico, el proceso de desarrollo de la formulación implica la experimentación repetida con las sustancias de los ingredientes para lograr las características deseadas en el producto final: por ejemplo, sabor, color, período de conservación, rendimiento o eficacia (Vida, 2017).

1.9. Paneles de catación

El panel de catadores es un grupo de personas que han sido seleccionadas por tener una mayor sensibilidad olfato gustativa y que están formadas específicamente para desarrollar sus habilidades sensoriales para la evaluación de productos. La labor del panel de catadores expertos es crucial para conocer porque unos productos tienen mayor aceptación que otros y cuáles son las características sensoriales que ejercen una mayor influencia en las preferencias del consumidor, (Insaurable, 2018).

1.9.1. (Prueba Piloto)

En la investigación biomédica, el primer paso en la ejecución de un proyecto es la realización de un estudio o prueba piloto, que busca probar en menor escala aspectos logísticos de la ejecución del estudio, lo que evitará cometer errores en los estudios posteriores y de mayor envergadura, (Gustavo Díaz, 2020).

1.9.2. Paneles de evaluación sensorial.

Los paneles de evaluación sensorial se agrupan en tres tipos:

- Paneles de expertos altamente adiestrados
- Paneles de laboratorio donde se utilizan jueces entrenados
- Paneles de consumidores donde se utiliza un número grande de jueces no entrenados.

Los paneles de expertos altamente adiestrados y los de laboratorio, se utilizan en control de calidad en el desarrollo de nuevos productos o para medir cambios en la composición del producto. Los paneles de consumidores se utilizan más para determinar la reacción del consumidor hacia el producto, (Insaurable, 2018).

1.9.3. Muestras

Todas las muestras deben ser uniformes, deben servirse a la temperatura que se consume el alimento, deben estar marcadas con claves de manera que el panelista no pueda identificarlas, se deben de presentar en recipientes limpios, incoloros y sin ningún sabor, (Insaurable, 2018).

1.10. Pruebas de la caracterización sensorial

En la presentación de las pruebas sensoriales, se hace necesario introducir el término Hedónico, el cual hace referencia a la atracción subjetiva de una persona por un producto en particular. En el análisis hedónico, se busca la respuesta de un consumidor.

La respuesta puede ser real o potencial. La aceptabilidad puede medirse como la respuesta caracterizada hacia determinado producto, previsión del uso de un producto y el nivel de aceptación o rechazo del mismo, (Insaurable, 2018).

1.11. Escala hedónica

Es un método para medir preferencias, además de estados psicológicos. La evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana.

Usualmente se utiliza una escala de 9 puntos, para luego analizar los resultados del panel con algún método estadístico. La estructuración de la escala es la siguiente:

- Disgusta muchísimo = 1 punto.
- Disgusta mucho = 2 puntos.
- Disgusta moderadamente = 3 puntos.
- Disgusta levemente = 4 puntos.
- No gusta ni disgusta = 5 puntos.
- Gusta levemente = 6 puntos.

- Gusta moderadamente = 7 puntos.
- Gusta mucho = 8 puntos.
- Gusta muchísimo = 9 puntos.

1.12. Prueba de escala hedónica facial

Esta escala es especialmente para cuando los panelistas son niños, el objetivo del uso de la escala hedónica facial es visualizar el nivel de agrado o desagrado que provoca la muestra en el niño, (Insaurable, 2018).

1.13. Vitaminas y minerales

Dentro de su composición, la nuez de macadamia contiene vitaminas del complejo B, vitamina C y ácido pantoténico, pero la presencia de folato es mínima en comparación con otras nueces y semillas. El contenido de micronutrientes esenciales generalmente es alto, con excepción del contenido de potasio. (Insaurable, 2018).

Tabla 1. Contenido vitamínico de nuez de macadamia *Macadamia integrifolia*

Vitamina	Concentración mg 100 g-1
Niacina	2.5
Tiamina	1.2
Riboflavina	0.2
Piridoxina	0.3
Vitamina C	0.2
Ácido pantoténico	0.8
Folato	11

Fuente:(Insaurable, 2018).

Se observa el contenido de vitaminas que contiene la nuez de macadamia, como el niacina, tiamina, vitamina C y ácido pantoténico por cada 100 gramos de porción comestible.

1.14. Harina

Se entiende por harina al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo, la cual es imprescindible para la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, cebada, avena, maíz o arroz. El almidón que es un carbohidrato complejo lo contienen las harinas vegetales (del Valle, Estrada, & de los Ángeles, 2016).

1.15. Historia de la harina

Históricamente se usaban tanto los molinos manuales como los grandes. Hasta los tiempos modernos, la harina podía contener pequeñas cantidades de arenilla, tanto por no limpiar bien los granos como por desgaste de las piedras del molino. Esta arenilla resultaba abrasiva para los dientes. La forma más antigua de moler consistía en usar un par de piedras manejadas manualmente. Después, los molinos tradicionales estaban accionados por agua o por el viento. También se usaron animales para accionar molinos, (viveros Brokaw España. Brokaw, s.f).

1.16. Composición de la harina de trigo

Tabla 2. Composición de la harina de trigo

Agua	12.92%
Energía	364.00 Kcal
Proteína	10.33 g
Grasa	0.98 g
Carbohidratos	76.31 g
Fibra Diet. Total	2.70
Ceniza	0.47
Calcio	15.00 mg
Fósforo	108.00 mg
Hierro	1.17 mg
Tiamina	0.12 mg
Ribofavina	0.04 mg
Niacina	1.25 mg
Ác. Grasos Mono-Insat	0.09 g

Ác. Grasos Poli-Insat	0.41 g
Ác. Grasos Saturados	0.16 g
Potasio	107.00 mg
Sodio	2.00 mg
Zinc	0.70 mg
Magnesio	22.00 mg
Vitamina B6	0.04 mg
Folato Equiv. FD	26.00 mcg
Fracción Comestible	1.00%

Fuente: Del Valle, Estrada, y de los ángeles, (2016).

1.17. Galletas

Es el producto elaborado con harinas de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal yodada; adicionados o no de otros ingredientes y aditivos alimenticios permitidos los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado” según las Normas Mexicanas, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

Las galletas constituyen uno de los productos más versátiles clasificados como de consumo masivo ya que son considerados un producto de primera necesidad debido a la alta aceptabilidad que tiene entre los grupos de todas las edades.

Según Normas mexicanas, (s.f), citado por Del Valle, Estrada, y de los ángeles, (2016) características de calidad que se toman en cuenta en una galleta son el esparcimiento, la granulosis superficial, la compactación, fragilidad y la fuerza de rompimiento.

1.18. Bebida vegetal

Es el nombre que define una gran variedad de bebidas elaboradas a partir de alimentos vegetales. Las más comunes son las de cereales, como la avena y el arroz; la de soja, como ejemplo de legumbres, y las de frutos secos, como las almendras y las avellanas.

Este tipo de bebidas son alimentos con una composición nutritiva apropiada dado que los productos de los que proceden contienen gran variedad de nutrientes (proteínas, grasas

insaturadas, hidratos de carbono, ciertos minerales y vitaminas). Todas tienen tanto ventajas como inconvenientes (FAROS, 2021).

1.18.1. Particularidades nutritivas

Una de las ventajas desde el punto de vista nutritivo es que carecen de lactosa y caseína, lo que las hace útiles en el tratamiento de intolerancias y alergias alimentarias a esos componentes. Además, no contienen colesterol y su perfil de ácidos grasos es más saludable si se compara con la grasa de la leche de vaca, ya que en las bebidas vegetales abundan los ácidos grasos insaturados, cardiosaludables (FAROS, 2021).

1.19. Frutos secos

Más de la mitad del contenido de los frutos secos son lípidos (grasas) con predominio de los saludables ácidos grasos insaturados: ácido oleico (en mayor cantidad en almendras y avellanas) y ácido linoleico (abundante en cacahuetes y nueces). Los frutos secos son ricos en ácidos grasos esenciales que el organismo humano es incapaz de sintetizar y que resultan imprescindibles para la formación de membranas celulares, en particular en las células nerviosas (FAROS, 2021).

1.19.1.1. Almendra

Se trata de una bebida nutritiva y de sabor fino. En el mercado se encuentra líquida o en pasta, que se diluye en agua según la cantidad que marque el fabricante. La bebida de almendras es astringente, por lo que resulta idónea en caso de diarrea, y son más recomendables las variedades que no estén azucaradas, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

1.19.1.2. Avellanas

Se puede encontrar, además de como bebida, en forma de crema, mezclada con azúcar u otro edulcorante (igual que la de almendras), que se diluye en agua. Algunas empresas la comercializan en polvo, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

1.19.1.3. Chufa

Con las chufas se elabora la horchata de chufa, una bebida refrescante y nutritiva que en los últimos años ha alcanzado una gran popularidad, tanto en el ámbito nacional como internacional. El nutriente más abundante en la composición de esta bebida son los hidratos de carbono. También se encuentran en pequeñas cantidades grasas (principalmente insaturadas), proteínas vegetales y minerales como el magnesio, el fósforo, el calcio y el hierro. Aunque su aspecto puede recordar al de la leche de vaca, su valor nutritivo es muy distinto, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

1.20. Extracto de vainilla

El extracto de vainilla es un líquido aromático que se obtiene de las vainas de vainilla, y se utiliza comúnmente como saborizante natural en una amplia variedad de alimentos y bebidas. Su característica más distintiva es su sabor dulce y delicado, que a menudo se describe como cálido y reconfortante.

Además de su perfil de sabor, el extracto de vainilla también aporta un matiz de color suave a los productos en los que se utiliza, lo que puede dar un tono ligeramente dorado o amarillento a las preparaciones, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

Además de su función como saborizante y colorante, el extracto de vainilla también contiene pequeñas cantidades de proteínas, que, aunque en general no son significativas en términos nutricionales, pueden contribuir ligeramente a la composición de los alimentos en los que se incorpora, (Del Valle, Estrada, y de los ángeles, 2016).

1.21. Ekomilk

Ekomilk bond es un analizador de leche multiparamétrico robusto, fiable y automatizado que proporciona resultados de prueba rápidos para: grasa, proteínas, sólidos no grasa, lactosa, densidad, punto de congelación, agua añadida, pH, temperatura y conductividad en leche fresca (vaca, oveja y/o búfalo, cabra y bebida vegetales), (Wordpres, s.f).

1.22. MioMat Milky

MioMat Milky es una procesadora para realizar las bebidas vegetales nutritivas, bebidas vegetales de soya, almendras, bebidas de arroz, (Wordpres, s.f).

1.23. Aceite de macadamia

El aceite de macadamia es el resultado del prensado en frío de las nueces de macadamia. El exprimido se realiza en estado de fruta sin procesar. El color de este aceite es casi transparente, ligeramente amarillento y su sabor es ligero pero agradable, (ORIVA, s.f).

1.23.1. Propiedades de aceite de macadamia

En términos de composición, el aceite es el único aceite entre sus pares que contiene una gran cantidad de ácidos grasos monoinsaturados (llamado ácido palmitoleico), que es un tipo de metabolismo de los lípidos, (ORIVA, s.f).

Entre los ingredientes del aceite de nuez de macadamia se puede encontrar diferentes como: ácido oleico, vitamina E y otras sustancias con propiedades analgésicas y antiinflamatorias. Además, contiene:

- Ácido palmitoléico.
- Esteroles (avenasterol).
- Omega 7.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes históricos

Finca Panamá originalmente fue parte de unas tierras adquiridas por el norteamericano William Nelson (1816-1878), quien era agente comercial de Panamá Railroad Company. Cuando se estableció en Guatemala, desarrolló en parte de estas tierras una finca de café la cual nombró “Finca Panamá”, según Mena (2015) citado por Xiloj, (2022).

Posteriormente, se la heredó a su primogénito Guillermo Nelson quien eventualmente la vendió en el año 1936 al señor Owen Smith. Durante la época de los Smith se introdujo el cultivo de quina a la plantación. En el año 1938, el señor Owen se asoció con el inglés Mark Oliver. La finca se dividió entre los socios, según Mena (2015) citado por Xiloj, (2022)

El señor Oliver y su esposa Helen Fedora Rolfe tomaron posesión de la parte alta de la finca, llamándola “Finca los Andes”, los cuales se asociaron con el señor Johnny Armstrong.

Entre los años 1988-1990 la finca pasó a propiedad del señor Alex Herrera, siendo el dueño actual de la “Finca Panamá”, según Mena (2015) citado por Xiloj, (2022).

2.2. Información general finca Panamá, Agropecuaria Atitlán, S.A.

2.2.1. Nombre

Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán, S.A.

2.2.2. Localización

Según Xiloj, (2022), el casco de la “Finca Panamá”, de la empresa “Agropecuaria Atitlán S.A”, está localizada al sur de las faldas del volcán de Atitlán, la cual tiene una alargada (de Norte a Sur) y estrecha (de Este a Oeste) ensanchándose en la parte más baja. Esta pertenece al municipio de Santa Bárbara, departamento de Suchitepéquez.

En la figura 1 se observa el croquis de finca Panamá, la ubicación geográfica de la finca y las coordenadas UTM. El cual muestra el tamaño de finca y sus alrededores.

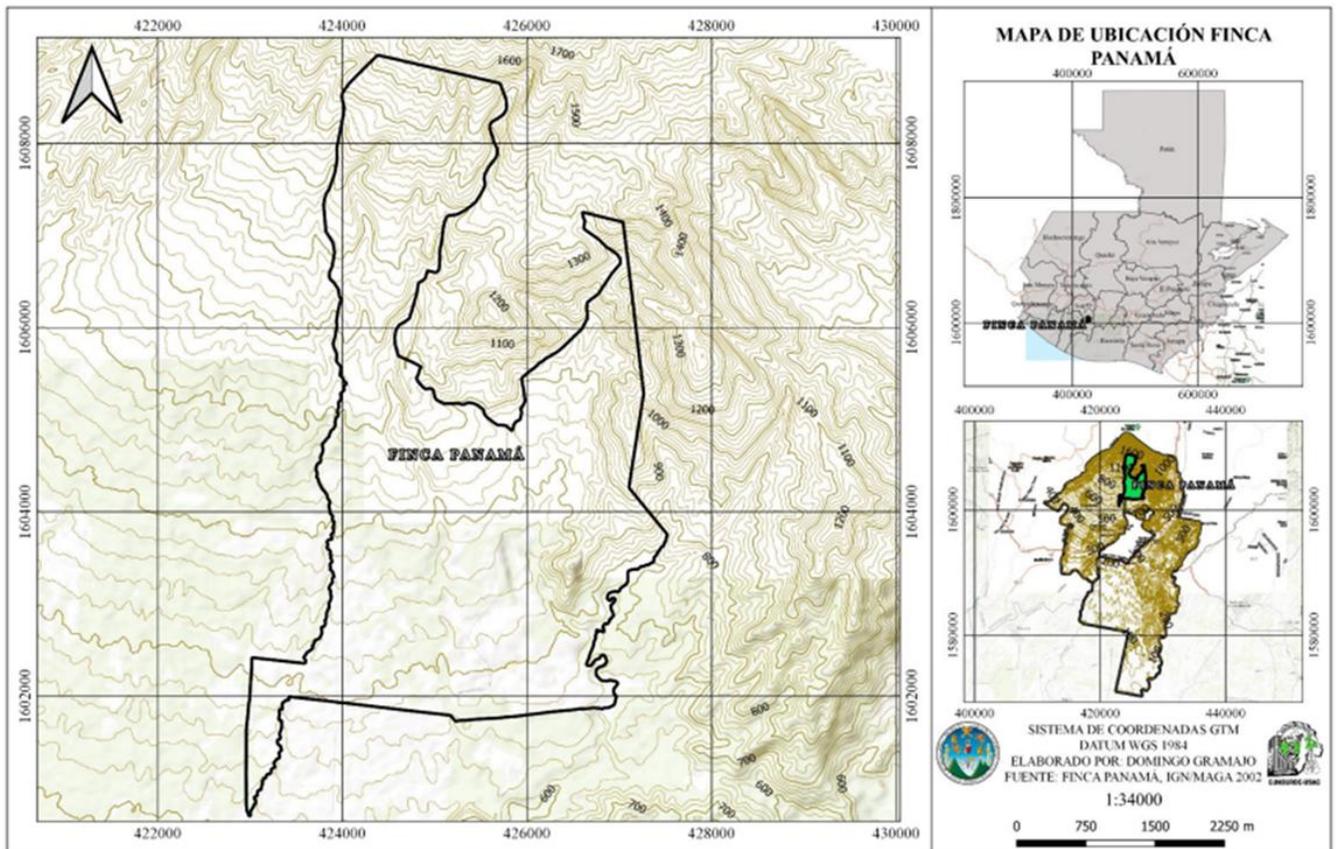


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica finca Panamá

Fuente: Gramajo, (2022), citado por (Xiloj, 2022).

2.2.3. Vías de acceso

La principal vía de acceso es por medio de la carretera asfaltada que conduce de Ciudad Guatemala al municipio de Santa Bárbara, Suchitepéquez. Las vías de acceso internas de finca Panamá los caminos están balastrados y/o empedrados, (Xiloj, 2022).

2.2.4. Ubicación geográfica

finca Panamá “Agropecuaria Atitlán S.A”, se ubica geográficamente entre los meridianos $91^{\circ}10'42''$ y $91^{\circ}13'12''$ longitud oeste y los paralelos $14^{\circ}31'21''$ y $14^{\circ}27'42''$ latitud norte. La extensión territorial es de 1,515.44 ha (33.68 caballerías), citado por (Xiloj, 2022).

Las colindancias de Finca Panamá “Agropecuaria Atitlán S.A” son: al norte con la finca Los Andes y con la Reserva Natural El Quetzal, de la Universidad del Valle de Guatemala; al sur con la Finca San Agustín; al este con la finca Tarrales y la finca San Agustín; al oeste

con la finca San Francisco Miramar y comunidad El Esfuerzo, Mena (2015) citado por (Xiloj, 2022).

2.3. Descripción ecológica

2.3.1. Zona de vida y clima

Según el sistema ecológico de Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente IARNA (2018), citado por Xiloj, (2022) finca Panamá “Agropecuaria Atitlán S.A”, se sitúa dentro de la clasificación de bosque muy Húmedo Premontano Tropical, (bmh PMT), el cual se presenta con los siguientes porcentajes de uso de la tierra: 39.70% del área que ocupa zona de vida está cubierta por bosque, el 19.90% por matorrales y arbustos, el 17.95% por café, el 8.99% por agricultura anual, y tan solo el 3.27% por pastizales. La temperatura relativa se encuentra en promedio alrededor del 80%.

2.3.2. Suelos

Según Simmons, Tarano, Pinto, (1959), citado por Xiloj, (2022) los suelos de la finca Panamá pertenecen al grupo IID, con material madre ceniza volcánica de color oscuro, relieve inclinado, buen drenaje. Capa superficial de coloración café oscura, textura franco arenosa, consistencia suelta y espesor aproximado de 40 – 50 centímetros. La capa inferior de coloración café amarillento y textura franco limosa. Espesor es de 70 – 80 centímetros.

2.3.3. Hidrología

Según Mena (2015), citado por Xiloj, (2022), el área de finca Panamá se localiza sobre la vertiente del pacífico; las fuentes hídricas son drenadas por el río Sigucán, además por riachuelos de carácter intermitente y efímero que drenan al río Madre Vieja, siendo esta la misma cuenca.

IV.OBJETIVOS

1. Objetivo General

Formular subproductos a base de kernel de *Macadamia integrifolia*, “Macadamia”, (*Proteacea*), en finca Panamá, Santa Barbara, Suchitepéquez.

2. Objetivo Especifico

- 2.1. Determinar los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660 del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia”, para las formulaciones de los subproductos (bebida vegetal, galleta y aceite a base de macadamia).
- 2.2. Elaborar formulaciones para subproductos de macadamia en finca Panamá como alternativa de venta en el mercado local
- 2.3. Estimar costos de producción de los subproductos procesados a nivel de laboratorio del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia” en finca Panamá.

V. HIPÓTESIS

1. Hipótesis Nula

Los estándares de calidad sobre el rendimiento de 508 y 660 de la nuez de macadamia no tendrán un efecto positivo para el proceso de transformación de los productos

Las formulaciones para la línea de subproductos a base de macadamia no tendrán aceptación por los pobladores

El panel de consumidores para los subproductos (bebida, aceites y galletas) a base de macadamia "*Macadamia integrifolia*", no tendrá un efecto positivo para la evaluación

Los costos de producción no tendrán un impacto en la elaboración de subproductos realizados en finca Panamá

2. Hipótesis alternativa

Al menos un estándar de calidad tendrá un efecto positivo para el proceso de transformación de los subproductos

Al menos una formulación tendrá aceptación por los pobladores

Un producto tendrá un efecto positivo en el panel de consumidores para los productos (bebida vegetal, aceites y galletas) a base de macadamia "*Macadamia integrifolia*",

Los costos de producción tendrán un impacto en la elaboración de subproductos realizados en finca Panamá

VI.MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

La realización de la investigación demandó recursos físicos, financieros y humanos. Es importante mencionar que los recursos financieros necesarios fueron suministrados por finca Panamá, Agratisa, S.A., como un respaldo fundamental para llevar a cabo la investigación.

1.1. Recursos físicos

- Estufa industrial.
- Extractora de aceite.
- Mesa de acero inoxidable.
- Ollas de acero inoxidable.
- Ecomilk.
- Coladores.
- Filtros.
- Horno para galletas.
- Bandejas de horno.
- Envases de vidrio.
- Probetas.
- Cucharas medidoras.
- Cuchillos.
- Tablas de picar de poliestireno.
- Termómetros.
- Computadora
- Libreta de campo.
- Impresora.
- Balanza semi analítica.
- Despochadora.

1.2. Recursos humanos

- Personal de proceso alimenticio.
- Personal administrativo.
- Estudiante de EPS.
- Asesora-supervisora

1.3. Recursos financieros

- Finca Panamá.

2. Metodología

2.1. Para determinar los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660 del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia”, para las formulaciones de los subproductos (bebida vegetal, galleta y aceite a base de kernel de macadamia), se procedió de la siguiente forma:

El proceso de la investigación se dividió en dos fases: la primera fase fue la evaluación de los estándares de calidad de las variedades 508 y 660 y la segunda fase fue el proceso de los análisis organolépticos.

2.1. Para alcanzar la determinación de los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660 del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia”, para las formulaciones de los subproductos, se procedió de la siguiente manera:

2.1.1. Descripción:

Este objetivo se planteó para determinar los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660, (en estado de concha y kernel), de primera y de segunda calidad.

La macadamia de primera se caracterizó por el color verde de cáscara, sin daños causados por plagas y enfermedades, generalmente la cáscara esta aún cerrada protegiendo la concha del ambiente. La macadamia de segunda se caracterizó por el color café en su cáscara la cual presenta manchas de color café hasta estar completamente café, con daños mecánicos que afecten la calidad de la cáscara que cubre la concha. Esto se realizó para determinar las calidades de macadamia obtenidas en el área de postcosecha, tomando en cuenta el criterio de grados de libertad del error.

2.1.2. Variables de respuesta

Las variables tomadas en cuenta para esta investigación se describen a continuación.

a. Numero de nueces en estado de concha variedad 508 y 660 primera y segunda calidad.

Mediante las observaciones en el cultivo de macadamia, se realizó el levantamiento de los datos para posteriormente calcular el número de concha evaluadas de primera y segunda calidad de las variedades 508 y 660.

- Se clasificaron las diferentes calidades de macadamia 508 y 660 mediante el color verde primera calidad y el color café para la segunda calidad.
- Se utilizó una maquina despochadora para el proceso de descascarado para las diferentes calidades.
- Separación de las nueces utilizando el método de flotación, en este proceso las nueces con un alto contenido de aceite, que son más pesadas, tienden a hundirse en el agua, mientras que las nueces con problemas como inmadurez, hongos o insectos tienden a flotar en la superficie del agua, estas nueces tienden a tener sabor deficiente o problemas de calidad debido a su estado.
- Proceso de secado de macadamia, en este proceso, la macadamia clasificada se colocó en una guardiola, que es un recipiente o contenedor especializado utilizado para el secado y acondicionamiento de alimentos, manteniéndose a una temperatura de 40° C durante un período de tres días.
- Segundo flote esto se realizó para separar las nueces que presentan daños en la concha debido a fisuras. Estas nueces se consideraron de calidad inferior y se clasificaron como macadamia de segunda.
- Después de ser clasificada, la macadamia pasó el proceso de secado que duró 45 días, a una temperatura constante de 40° C. Durante este período, se realizó el volteo de las nueces cada tres horas, esto para asegurar un proceso de secado homogéneo y reducir el porcentaje de humedad al 2%.
- Se tabularon los datos.
- Se analizaron los datos.

b. Clasificación de la nuez de macadamia en estado de kernel primera y segunda calidad.

Utilizando una despochadora manual en el laboratorio, se observó el porcentaje de daños causados por insectos, moho, germinadas y kernel viejo, que presenta la macadamia en kernel, con el fin de determinar el rendimiento de las variedades 508 y 660 primera y segunda calidad.

- Se quebraron las conchas de las diferentes variedades 508 y 660 de macadamia.
- El kernel de primera y segunda calidad se colocaron en una mesa desinfectada para la observación de los daños.
- Los daños de las diferentes variedades se clasificaron, y se anotaron en una boleta de evaluación.
- Se tomaron las lecturas de los daños.
- Se tabularon los datos
- Se analizaron los datos.

c. Diámetro de concha/kernel.

Los datos obtenidos en campo y en área de postcosecha se tabularon para posteriormente calcular el tamaño de la concha de macadamia y en estado de kernel.

Se expresa el número de concha evaluada, para determinar los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660 (porcentaje de daños, largo y diámetro de concha de macadamia), se utilizó una muestra infinita, como se puede observar en la figura dos.

Figura 2. Formula de población conocida

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

En dónde:

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de la población o universo.

Z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC).

e = Error de estimación máximo aceptado.

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

$q = (1-p)$ = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Con un nivel de confianza del 90% y un margen de error de 12%, se calculó el tamaño de la muestra en el área de postcosecha en finca Panamá, con el fin de realizar un análisis sobre la macadamia en concha, figura tres.

Según las observaciones y el control que se tiene en el área de postcosecha, las nueces de macadamia son de 77,431, lo cual el número de muestras fue de 48 en concha.

Figura 3. Total de conchas a muestrear

$$n = \frac{77431 * 1.65^2 * 0.5 * 0.5}{0.12^2 * (77431 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5} = 48$$

- Toma de datos en postcosecha.
- Tabulación de los datos.

2.1.3. Modo de Análisis: Andeva y prueba de medias

a. Tratamientos

Seleccionado el diseño experimental, bloques al azar, se estableció el número de los tratamientos, tomando en cuenta el criterio de grados de libertad del error, se determinó el número el número de jueces, el cual se obtuvo mediante la multiplicación de los tres tratamientos por 10 dando como resultado 30 jueces para la evaluación.

En la tabla tres se muestran los tratamientos utilizados para la investigación a nivel de laboratorio, los cuales fueron, formulación de aroma, formulación de sabor, formulación de textura y formulación de color.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Variedad	Calidad
Formulación uno (aroma)	508	Primera
Formulación dos (aroma)	508	Segunda
Formulación tres (aroma)	660	Primera

En la tabla cuatro se observa la distribución de los diferentes tratamientos realizados a nivel de laboratorio en finca Panamá, lo cuales tres formulaciones son para evaluar el color de los subproductos galletas y bebida vegetal.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos calidad color

	Tratamientos		
Repeticiones	T1 (formulación 1) Color	T2 (formulación 2) Color	T3 (formulación 3) Color
R1			
R2			
R3			
R4.....			
R30			

Las repeticiones fueron representadas por los diferentes jueces que participaron en la catación. Cada subproducto (bebida vegetal y galletas a base de kernel de macadamia), se sometió a su propio diseño experimental evaluando las cualidades de aroma, sabor y textura, mediante la evaluación de análisis sensorial que se realizó con los 30 jueces capacitados, lo que garantizó que las evaluaciones se hayan realizado de manera independiente y precisa para cada formulación.

Este enfoque permitió recopilar datos valiosos sobre las preferencias y características de los productos, teniendo en cuenta la variabilidad entre las personas que participaron en la catación. Además, al utilizar el diseño de bloques al azar, se minimizó el sesgo potencial y se obtuvieron resultados más confiables.

a. Tablas

Con la información obtenida en el área de postcosecha se ordenaron los datos mediante tablas para proceder con el análisis de los datos recopilados, posterior a esto se realizaron gráficas para representar los diferentes resultados.

b. Gráficas.

Mediante la recopilación de los datos, y los datos tabulados en el programa de Excel se generaron las diferentes gráficas, que muestran los resultados de los estándares de calidad en las diferentes variedades 508 y 660 en el cultivo de macadamia.

2.2. Para alcanzar el objetivo número tres, relacionado a la elaboración de formulaciones para subproductos de macadamia en finca Panamá como alternativa de venta en el mercado local. Se procedió de la siguiente manera:

2.3.1. Descripción

El proceso de formulación para cada subproducto consistió en la clasificación de las nueces en función de su textura y color, con el propósito de utilizarlas en la elaboración la bebida vegetal, galletas y aceite a base de macadamia.

Se contó con un equipo de personas capacitadas para llevar a cabo el panel de consumidores y evaluar los subproductos de manera imparcial y objetiva.

En el proceso para la creación de las tres formulaciones de la bebida vegetal y galletas inicialmente para la prueba piloto, (la prueba piloto es un estudio preliminar a una pequeña escala para la evaluación de la viabilidad y mejorar el desarrollo de la investigación), se realizó una investigación para determinar el total de gramos de macadamia a utilizar, se citaron las tesis de Adolfo Salguero, (2012) e Ingrid Fuentes, (s.f).

Obteniendo porcentaje de gramos para relizar el proceso de transformación de cada subproducto, fueron evaluados por los diferentes panelistas, los cuales proporcionaron un resultado para la reformulación de cada subproducto de la fórmula final (bebida vegetal y galletas), lo que permitió realizar comparaciones y análisis de las diferentes variantes de los subproductos. Se utilizó una boleta de análisis sensorial para la evaluación de cada formulación evaluada.

2.3.2. Variables de la Bebida vegetal

a. Sabor

El sabor es la sensación percibida de los diferentes alimentos, principalmente en la lengua y la cavidad bucal, se realizó la evaluación de la variable del sabor para las diferentes formulaciones para la prueba piloto y para la prueba final.

En el gusto y sabor se definen cuatro sensaciones básicas: salado, ácido, dulce y amargo, siendo las proporciones que causan las variadas interacciones.

- Se utilizaron tres diferentes formulaciones de bebida vegetal, rotulados con diferentes códigos numéricos.
- A cada juez se le hizo entrega de una boleta sensorial para la evaluación de las tres formulaciones.
- Se les entregó un vaso de agua de agua y un vaso descartable.
- Cada juez bebió el agua y masticó una galleta salada para eliminar cualquier sabor que tuvieran en el gusto.
- Se les hizo entrega de cada formulación de bebida para el proceso de evaluación y determinar el gusto el sabor que más les agrado.

b. Color

En la evaluación de las formulaciones (prueba piloto y formulación final), de las diferentes bebidas vegetales, fue el sentido de la vista ya que esta informó sobre la apariencia de la bebida color.

- A cada juez se le proporcionó las formulaciones rotuladas con códigos numéricos.
- Cada uno evaluó el color a su percepción ya que evaluaron la coloración de las tres formulaciones.
- Cada característica encontrada en la bebida vegetal fue anotada en la hoja de escala hedónica, donde se anotaron los diferentes resultados.

c. Aroma

La evaluación del aroma para cada formulación fue realizada por los jueces, quienes notaron diferencias debido a las distintas cantidades de macadamia presentes en las tres formulaciones (prueba piloto y la formulación final). Esto resultó en una percepción única del aroma para cada formulación.

los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se anotaron en una boleta la cual tiene descrita las cualidades, como, aroma, sabor, color y textura, se citaron a 15 personas las cuales fueron jueces para evaluar la formulación en la prueba piloto y 30 jueces para la evaluación sensorial de la formulación final, estas personas fueron capacitadas para realizar el análisis en finca Panamá.

2.3.4. Formulación para el subproducto de bebida vegetal

Para llevar a cabo las formulaciones para la prueba piloto (bebida vegetal), se clasificaron las nueces de macadamia, en base al tamaño del kernel, color y textura: Se utilizaron dos variedades, la 508 de primera calidad y la 660 de segunda calidad.

Para la elaboración de la bebida vegetal, se necesitaron los siguientes ingredientes:

- Kernel de macadamia (tanto de primera como de segunda calidad).
- Extracto de vainilla.
- Sal.

2.3.5. Proceso de elaboración de la bebida vegetal (Prueba Piloto)

Las tres primeras formulaciones se utilizaron como prueba piloto para evaluar las características sensoriales iniciales y determinar la aceptabilidad del producto. Se puede observar en la tabla los ingredientes utilizados para realizar la prueba piloto.

Tabla 5. Resultado de la elaboración de las formulaciones (Prueba Piloto).

Componentes	Formulación Uno Variedad 508 (Primera calidad)	Formulación Dos Variedad 660 (Primera calidad)	Formulación Tres Variedad 660 (Segunda calidad)
Macadamia	210 gramos	109 gramos	75 gramos
Sal	10 gramos	10 gramos	5 gramos
Vainilla	-	10 ml	-
Agua H ₂ O	1,000 ml	1,000 ml	1,000 ml

Con base a la investigación de Ingrid Fuentes, (2018), se realizaron las pruebas piloto, se licuaron las nueces de macadamia. Se le añadieron los diferentes ingredientes para luego realizar el proceso de filtración.

Utilizando un filtro de algodón, se realizó el proceso de filtración para cada una de las formulaciones de la bebida vegetal (prueba piloto), ara eliminar cualquier residuo de la nuez que pueda afectar la consistencia.

Se realizó el baño María para la desinfección de los frascos, esto para eliminar cualquier bacteria que pueda afectar la vida anaquel.

2.3.6. Reformulación de la bebida vegetal (Formulación Final)

Para llevar a cabo las reformulaciones de la bebida vegetal, se clasificaron las nueces de macadamia, por el tamaño, color y textura: Se utilizaron dos variedades, la 508 de primera calidad y la 660 de primera y segunda calidad.

Componentes	Formulación Uno variedad 508 (Primera calidad)	Formulación Dos variedades 660 (Primera calidad)	Formulación Tres variedades 660 (Segunda calidad)
Macadamia	200 gr	109 gr	109 gr
Sal	15 gr	10 gr	10 gr
Agua H ₂ O	1,000 ml	1,000 ml	1,000 ml
Vainilla	-	15 ml	-

Tabla 6. Formulaciones finales de bebida vegetal

Durante la primera evaluación de las formulaciones, se identificaron los parámetros de gusto a través de las opiniones de los evaluadores. Debido a que los resultados iniciales fueron considerados insípidos. Se incluyeron nuevos ingredientes en las reformulaciones para lograr un producto final más satisfactorio en términos de gusto.

El proceso para la elaboración de la formulación final de la bebida vegetal, fue el siguiente:

Los gramos de nueces de macadamia se añadieron a una procesadora industrial llamada Miomat Milky. Estas nueces se procesaron durante un período de 12 minutos.

Luego del proceso de extracción se realizó el proceso de filtración utilizando un filtro de fibra, esto para eliminar cualquier residuo de kernel que pudo presentar la bebida reformulada, obteniendo solo el líquido de la nuez de macadamia.

Realizado el cernido adecuado para cada formulación. Se añadieron los diferentes ingredientes para cada formulación, se agito la mezcla utilizando una varilla de agitación, obteniendo la bebida vegetal se vaciaron en frascos esterilizados. Se les realizó el baño María para la eliminación de bacterias que pueda afectar la vida de anaquel de cada formulación.

Obteniendo las formulaciones de la bebida se procedió a realizar el análisis de catación, para este proceso se les adjuntó una boleta la cual tiene descrita las cualidades, de aroma, color y sabor, las cuales fueron evaluadas.

Se citaron a 30 estudiantes de la carrera de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala Centro Universitario de Suroccidente, estos estudiantes fueron capacitados para realizar la evaluación del análisis sensorial.

Análisis de nutrientes: Una vez obtenidas las formulaciones de la bebida vegetal, se procedió al análisis de los nutrientes esenciales presentes en cada una de las formulaciones. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó una máquina llamada Ekomilk como herramienta de análisis, (figura tres).

2.3.7. Modo de análisis

a. Tablas

Se recopilaron los datos de la evaluación de Escala Hedónica de las diferentes formulaciones, se tabularon de manera ordenada, utilizando el programa informático Excel, los datos obtenidos proporcionaron información importante sobre los aspectos de cada formulación

b. Gráficas de barras

Los datos obtenidos en la escala hedónica ordenados, se procedió a realizar las gráficas de barras, utilizando el programa informático Excel, las gráficas de barras representan los resultados del proceso de catación, nivel de agrado a los atributos presentados; me gusta mucho, me disgusta, no me gusta, de una manera más factible sobre los aspectos de cada formulación final.

2.4. Formulación de galletas

2.4.1. Variables de la galleta

a. Sabor

Se realizó la evaluación de la variable del sabor para las diferentes formulaciones de galletas a base del kernel de macadamia, para la prueba piloto y para la prueba final.

En el gusto y sabor se definen cuatro sensaciones básicas: salado, ácido, dulce y amargo, siendo las proporciones que causan las variadas interacciones.

- Se utilizaron tres diferentes formulaciones (prueba piloto y formulación final), para las galletas, fueron rotuladas con diferentes códigos numéricos.
- A cada juez se le hizo entrega de una boleta sensorial en escala hedónica para la evaluación de las tres formulaciones.
- Se les entregó un vaso de agua y un vaso descartable, en el que se desechan los restos de las galletas evaluadas por los diferentes jueces.
- Cada juez bebió el agua y masticó una galleta salada para eliminar cualquier sabor que tuvieran en el gusto, para luego proceder a saborear la otra formulación y obtener los diferentes resultados.
- Se les hizo entrega de cada formulación de galletas para el proceso de evaluación y determinar el gusto el sabor que más les agradó.

b. Apariencia

En la evaluación de las formulaciones (prueba piloto y formulación final), de las diferentes galletas a base de kernel, fue el sentido de la vista ya que esta informó sobre la apariencia de la galleta

- A cada juez se le proporcionó las formulaciones rotuladas con códigos números.
- Cada uno evaluó la apariencia a su percepción y la coloración de las tres formulaciones.

- Cada característica encontrada en las diferentes formulaciones (piloto y final), de las galletas fue registrado en la hoja de escala hedónica.

c. Aroma

La evaluación del aroma para cada formulación fue realizada por los jueces, quienes notaron diferencias debido a las distintas cantidades de macadamia presentes en las tres formulaciones (prueba piloto y la formulación final). Esto resultó en una percepción única del aroma para cada formulación.

- De cada formulación de galleta, rotuladas con diferentes códigos numéricos.
- Se les proporciono a los jueces las diferentes galletas para determinar la formulación que más les gustó en la variable del aroma.
- A cada juez se le hizo entrega de una boleta sensorial en escala hedónica para la evaluación de las tres formulaciones y así se obtuvieron los diferentes resultados.

d. Consistencia

Se evaluó la consistencia de cada formulación realizada en la prueba piloto y la formulación final, para este proceso se les asignó a un grupo de panelistas (jueces), las diferentes galletas realizadas en finca.

- Se utilizaron tres diferentes formulaciones (prueba piloto y formulación final), para las galletas rotuladas con diferentes códigos numéricos.
- A cada juez se le hizo entrega de una boleta sensorial en escala hedónica para la evaluación de las tres formulaciones.
- Cada grupo de paneles (jueces) determinaron la consistencia de cada formulación de galletas, cada persona palpó la consistencia utilizando las manos y el gusto, ya que por medio de esto determinaban si la galleta tenía un consistencia dura o suave.
- Se les entregó un vaso de agua y un vaso descartable.
- Cada juez bebió el agua y masticó una galleta salada para eliminar cualquier sabor que tuvieran en el gusto, para luego proceder a saborear la otra formulación y obtener los diferentes resultados.

Los resultados de la evaluación sensorial se anotaron en una boleta la cual tiene descrita las cualidades, como, aroma, sabor, apariencia y consistencia, se citó un panel de 15 personas las cuales fueron jueces para evaluar la formulación en la prueba piloto y un panel de 30 jueces para la evaluación sensorial de la formulación fina.

2.4.2. Proceso de elaboración de galletas (Prueba Piloto)

La prueba piloto es el proceso de la búsqueda de probación en menor escala de aspectos logísticos de la ejecución del estudio, lo que evitará cometer errores en los estudios posteriores y de mayor dimensión, (Gustavo Díaz, 2020).

Para llevar a cabo las formulaciones para la prueba piloto (galletas de macadamia), se clasificaron las nueces de macadamia, por tamaño, color y textura: Se utilizaron dos variedades 508 y 660 (primera y segunda calidad).

Tabla 7. Composición de cada formulación (prueba piloto)

Componentes	Formulación Uno variedad 508 (primera calidad) (gramos)	Formulación Dos Variedad 660 (primera calidad) (gramos)	Formulación Tres variedad 660 (segunda calidad) (gramos)
Macadamia	150	150	175
Harina	200	200	200
Polvo para hornear	15	15	15
Sal	15	15	15
Mantequilla	350	350	350
Azúcar	400	350	400
Miel	-	50	10

Se observan los ingredientes y el total de gramos que se añadieron para cada formulación realizada en el proceso de prueba piloto.

Obteniendo las formulaciones mediante la cita de Ingrid fuente, (s,f) para la prueba piloto, se procedió a realizar el proceso para cada una de ellas, se trituro la macadamia obteniendo un tamaño de 4 mm, utilizando las diferentes variedades de macadamia.

Para la elaboración de las tres formulaciones de las galletas, se realizó el procedimiento de mezcla a una velocidad media durante 15 minutos en una batidora industrial. Se le agregó el azúcar y se continuó batiendo a la misma velocidad por tres minutos más, transcurrido el tiempo se agregaron los huevos y cuando estaban bien mezclados se detuvo el batido para agregar la harina, sal, polvo de hornear y la macadamia triturada hasta formar una bola de masa consistente, ésta fue envuelta en plástico y refrigerada durante 30 minutos a temperatura de 5° C, ya fría la masa se moldeó para darle la figura deseada, con un peso que oscila entre 12 y 15 gramos, luego las galletas se colocaron en bandejas para hornearlas por 12 minutos a 180 °C en un horno eléctrico, se dejaron enfriar y se almacenaron en recipientes herméticos.

Obteniendo las formulaciones de las galletas se procedió a realizar el análisis de catación, para este proceso se adjuntó una boleta la cual tiene descrita las cualidades de aroma, sabor, color y textura, con una escala de no me gusta, me disgusta, me gusta poco, me gusta mucho de representado con números de uno al ocho que fueron evaluadas, se citaron a 15 personas capacitadas de finca Panamá para realizar el análisis sensorial.

2.4.3. Proceso de reformulación final de las galletas

Para llevar a cabo las reformulaciones de la galleta a base de macadamia, se clasificaron las nueces de macadamia, en base al tamaño, textura y color: Se utilizaron dos variedades, la 508 de primera calidad y la 660 de primera y segunda calidad.

Tabla 8. Formulaciones finales (galletas de macadamia).

Componentes	Formulación Uno variedad 508 (primera calidad) (gramos)	Formulación Dos Variedad 660 (primera calidad) (gramos)	Formulación Tres Variedad 660 (segunda calidad) (gramos)
Macadamia	200	250	200
Harina	200	200	200
Polvo para hornear	15	15	15
Sal	20	20	20
Mantequilla	400	400	400

Azúcar	400	350	400
Miel	-	60	15
Vainilla	-	15 ml	15 ml

Se observan los ingredientes y el total de gramos que se utilizaron para cada formulación realizada en el proceso de la reformulación.

Obteniendo las formulaciones finales, se procedió a realizar el proceso para cada una de ellas, se trituraron las nueces de macadamia obteniendo un tamaño de 3 a 5 mm, utilizando las diferentes variedades de macadamia y se realizó el proceso de mezcla con la batidora industrial.

Obteniendo la mezcla de todos los ingredientes se le añadió la miel y el extracto de vainilla para las galletas de macadamia.

La mezcla se añadió en la bandeja para horno, lo cual se hornearon por 12 minutos a 180 °C en un horno eléctrico, luego se dejaron enfriar y se almacenaron en recipientes herméticos.

2.4.4. Modo de análisis

a. Tablas

Se recopilaron los datos de la evaluación de Escala Hedónica de las diferentes formulaciones (nivel de agrado a los atributos presentados, me gusta mucho, me disgusta), se tabularon de manera ordenada, utilizando el programa informático Excel, los datos obtenidos proporcionaron información importante sobre los aspectos de cada formulación

b. Gráficas de barras

Con los datos obtenidos en la escala hedónica ordenados, se procedió a realizar las gráficas de barras, utilizando el programa informático Excel, que representan los resultados del proceso de catación una manera más factible sobre los aspectos de cada formulación final.

2.5. Formulación para el aceite vegetal

Se realizó una investigación para determinar el total de gramos de macadamia utilizadas para la extracción del aceite, se citó la tesis de (Rafael Milán, 2019).

Obtenido el porcentaje de gramos para realizar el proceso de transformación se utilizó una balanza semi analítica para medir con precisión la cantidad de nueces que se utilizaron en el proceso de extracción.

2.5.1. Variables

Se realizó una clasificación manual de las nueces de macadamia en dos variedades, la variedad 508 (primera calidad) y la variedad 660 (tercera calidad). Antes de almacenarlas al vacío para mantener la humedad deseada en las nueces.

Se utilizó esta técnica para medir y cuantificar diferentes aspectos del proceso de producción, como el rendimiento de extractivo (ml) y el rendimiento extraído ml/kg de aceite presente en las nueces de diferentes variedades.

- Las nueces se trituraron para facilitar el proceso de extracción del aceite. La maquinaria utilizada para realizar este proceso fue la Cgoldenwall oil Press.
- Se precalentó a una temperatura de 180°-240°C. Esto se hizo para garantizar que el aceite se extraiga suavemente de las nueces. Durante este proceso, el aceite se separa de los sólidos de la nuez.
- Después de la extracción, se realizó el proceso de cernido para eliminar cualquier residuo de macadamia que pudiera quedar en el aceite. Esto asegura que el aceite sea puro y de alta calidad.
- Obteniendo el aceite puro y sin restos de macadamia, se procedió envasarlos con su respectiva etiqueta para observar el comportamiento del aceite.

2.5.2. Modo de análisis

a. Tablas

Se recopilaron los datos del rendimiento del aceite de cada variedad y se tabularon de manera ordenada, utilizando el programa informático Excel, los datos obtenidos proporcionaron información importante sobre el rendimiento extractivo de la variedad 508 y 660 de cada formulación.

b. Gráficas de barras

Los datos obtenidos en el proceso extractivo del kernel fueron ordenados para luego realizar gráficas de barras, que representan los valores sobre el proceso total del

rendimiento de aceite del kernel de la variedad 508 y 660 de cada formulación, de una manera más factible sobre los resultados.

2.6. Para alcanzar el objetivo número tres sobre la determinación de los costos de producción de los subproductos procesados a nivel de laboratorio del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia “, en finca Panamá, procedió de la siguiente manera:

2.4.1. Descripción

Este objetivo identificó la mejor formulación para cada subproducto (bebida vegetal, galletas y aceite de macadamia), el cual indicó la formulación con un mejor costo para realizar en finca Panamá. Los rubros que fueron establecidos para la realización de los diferentes costos que conllevó a la realización de los subproductos evaluados, son los siguientes: mano de obra, insumos, costos fijos y costos variables. La unidad de medida para cada uno de ellos fue en kilogramos y unidad. De la misma manera se calculó la cantidad utilizada para el precio unitario y el costo total del subproducto.

2.4.2. Variables

a. Costo por formulación

El costo total de los tratamientos se expresó en Quetzales/formulaciones, así mismo, se calcularon de la siguiente manera:

- Mano de obra utilizada en el manejo postcosecha y a nivel de laboratorio.
- Costo total de los materiales para el proceso de formulaciones durante la investigación.
- Costo total de los productos para cada formulación durante las evaluaciones

2.4.3. Modo de análisis

a. Tablas

Mediante tablas se ordenó la información obtenida de los diferentes costos que conllevó el proceso de la investigación, se calcularon los costos/formulación de cada tratamiento evaluado.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Determinación los estándares de calidad sobre el rendimiento de las variedades 508 y 660 del cultivo de *Macadamia integrifolia* “Macadamia”,

Los resultados presentados a continuación es el producto de la determinación de la clasificación de los estándares de calidad en el rendimiento de las variedades 508 y 660 de macadamia encontrados en el área de postcosecha, las variables a evaluar fueron las siguientes: color de cáscara, rendimiento en kernel, diámetro de kernel, en finca Panamá del municipio de Santa Barbará, Suchitepéquez.

1.1. Número de nueces en estado de concha de las variedades 508 y 660 de primera y segunda calidad en el área de postcosecha para los estándares de calidad.

Los datos presentados en las diferentes figuras corresponden a la calidad de la variedad 508 y 660 en estado de concha y kernel en el área de postcosecha.

Se puede observar en la figura, la distribución de macadamia en dos categorías: primera (verde) y segunda calidad (café).

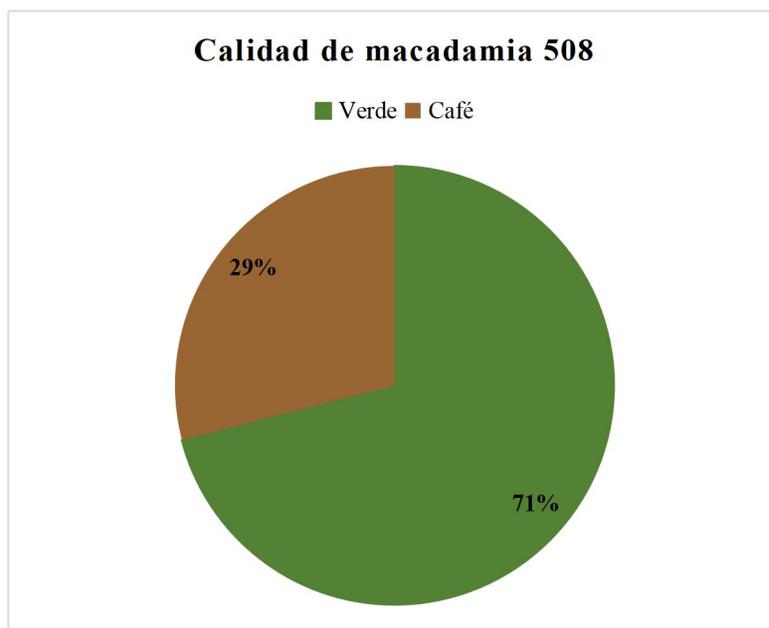
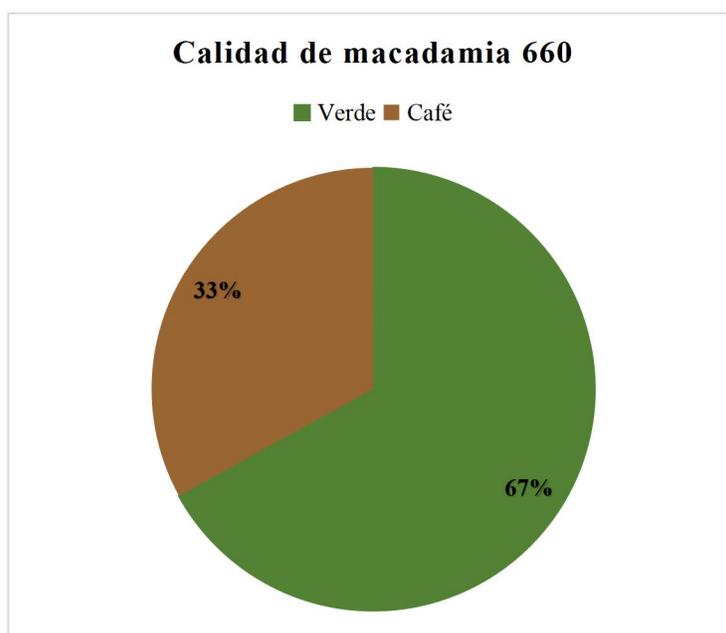


Figura 4. Calidad de macadamia variedad 508 en el área de postcosecha

Se observa el porcentaje de las calidades encontradas en la variedad 508 del cultivo de macadamia, en donde, se obtuvo el mayor porcentaje del color de cáscara completamente verde, el cual indica que pertenecen a las macadamias de primera calidad, esto debido a que no son totalmente café que generalmente son de buen aspecto, tamaño y sabor. Se obtuvo un total un menos porcentaje de macadamia de segunda calidad inferior en comparación con las de primera calidad, de la variedad 508.

Los resultados obtenidos en la recolección de macadamia se pueden observar en la figura cinco, ya que la gráfica indica el total de primera (verde) y segunda (café), obtenidos de la variedad 660.



. **Figura 5.** Calidad de macadamia variedad 660 en el área de postcosecha.

El total de primera calidad es la mayoría con cáscara completamente verde, perteneciente a calidad de primera, esto se refiere a las macadamias de alta calidad obtenidas en el campo, que generalmente son de buen aspecto, tamaño y no presentan daños causados por plagas o enfermedades. Una tercera parte se obtuvo de macadamia de segunda calidad, inferior en comparación con las de primera calidad, de la variedad 508.

Obteniendo la información de las dos variedades evaluadas para determinar los estándares de calidad del cultivo de macadamia se obtuvieron las de calidad superior, las cuales son las macadamias de primera, esto quiere decir que los resultados en la evaluación de primera

calidad tienen un aspecto uniforme, un tamaño más grande y el sabor es más refinado. Esta alta calidad contiene un valor más alto en el mercado, debido a su alta calidad, estas nueces son muy buscadas por los consumidores y son ideales para el consumo directo, así como para la fabricación de productos gourmet. Las macadamias de primera categoría suelen tener un contenido de nutrientes más alto y un sabor más satisfactorio debido a su madurez completa.

La macadamia de segunda suele ser de calidad inferior en términos de sabor y aspecto, presentan daños, estar inmaduras o ser de menor tamaño. Estas macadamias generalmente se venden a un precio más bajo en el mercado debido a su inferioridad. Son adecuadas para la producción de aceites.

La selección de la calidad de macadamia es importante ya que por medio de la clasificación se puede determinar el uso para cada calidad. Las macadamias de primera calidad son ideales para el consumo directo y la producción de productos, como la bebida vegetal, mientras, las macadamias de segunda calidad se utilizan principalmente en aplicaciones industriales como el aceite específicamente.

1.2. Clasificación de la nuez en estado kernel primera y segunda calidad

Mediante las observaciones y la obtención de los datos en el manejo postcosecha se determinaron los porcentajes sobre el rendimiento de primera calidad de las variedades 508 y 660 de macadamia, daños por insecto, moho, geminadas, kernel viejo y daño mecanizado, de las diferentes variedades de nuez de macadamia.

En la figura se observa el total del rendimiento y daños presentados en el kernel de la variedad 508 (primera calidad).

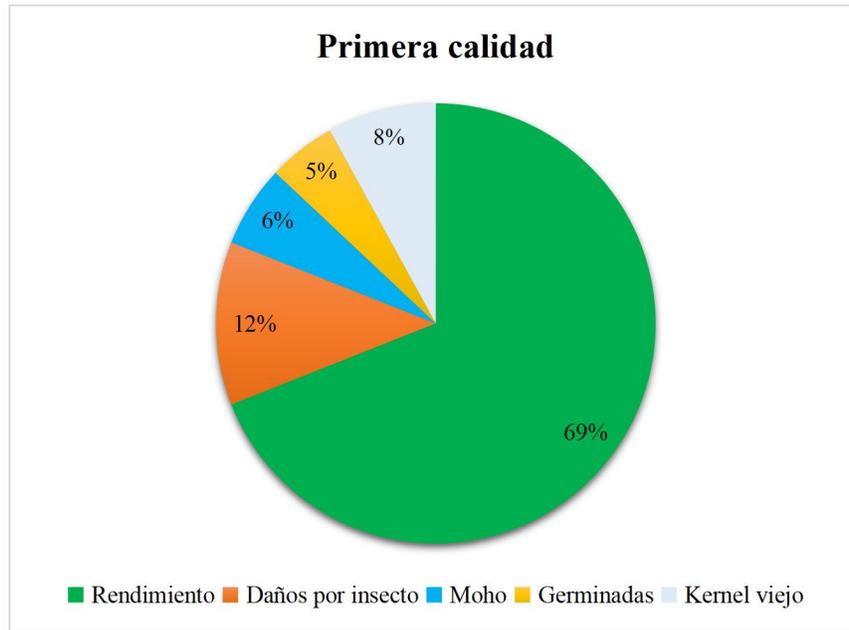


Figura 6. Rendimiento y los daños en kernel variedad 508.

En la figura seis se muestra un rendimiento del 69%, un total del 7 % de daños mecanizados, 6% de kernel con moho, 4% de kernel germinado y el 6% de kernel viejo.

Obtenidos estos datos se observa que la variedad 508 obtuvo un rendimiento potencial en términos de cantidad en estado de kernel, esto sugiere que, bajo condiciones óptimas, la variedad tiene la capacidad de generar una cantidad significativa de kernel.

En la siguiente, se observa la gráfica realizada sobre el porcentaje de rendimiento sobre la variedad 660 (primera calidad) presentados en el kernel. Se obtuvo un total del 64% de rendimiento, 12 % kernel viejo, un total del 7% de kernel germinado, 8% de kernel con moho y el 9% de daños por insecto.

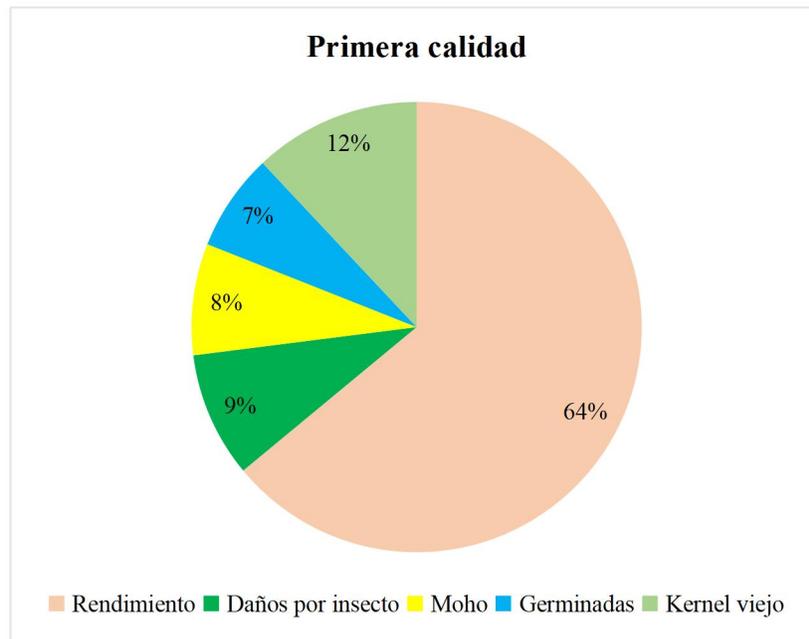


Figura 7. Rendimiento y los daños en kernel variedad 660.

Comparando las variedades 508 y 660 se determinó que la de primera calidad de la variedad 508 del cultivo de macadamia en kernel, tiene un rendimiento superior en comparación con la variedad 660. El porcentaje de daños es más bajo comparado a la variedad 660, esto indica que la variedad 508 es menos propensa a sufrir daños, ya sea por enfermedades, moho, en comparación con la variedad 660.

Los resultados en la evaluación de segunda calidad de las variedades 508 y 660 se determinaron sobre el rendimiento, daños por insectos, moho, aceite degradado en kernel, nueces germinadas y kernel viejo, se observan en la figura 34 y 35 el resultado.

A continuación se observa el resultado de la evaluación que se realizó a la segunda calidad de la variedad 508.

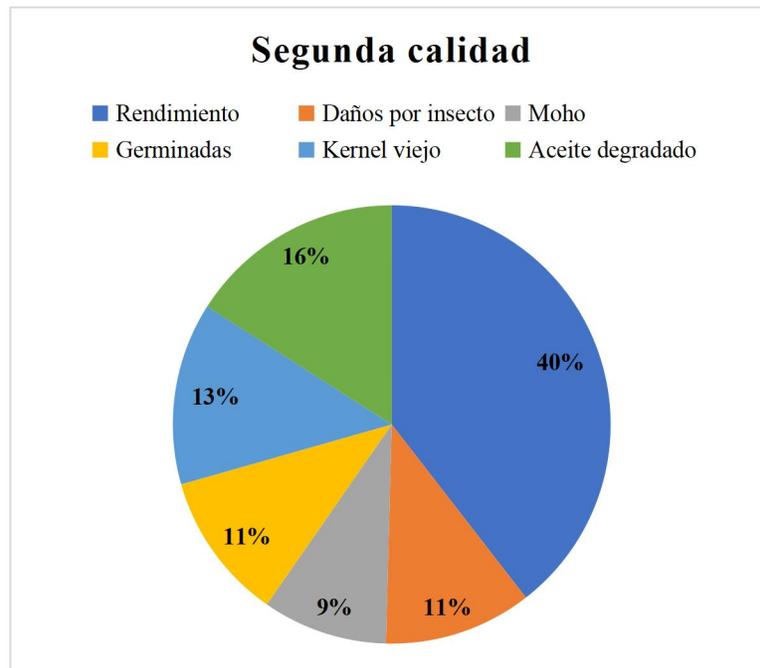


Figura 8. Rendimiento y los daños en kernel variedad 508.

Se obtuvo un 40% de rendimiento de la segunda calidad, daños por insecto 11%, kernel con moho 9%, kernel germinadas 13% y con un 16% de kernel viejo.

Obtenidos estos datos se observa que la variedad 508 de segunda calidad obtuvo un rendimiento moderado del 40%, en términos de cantidad en estado de kernel, esto debido a los diversos problemas presentados, como los daños por insectos, macadamia germinada y daños mecánicos en la capacidad de cosecha y almacenamiento.

En la figura siguiente, se observa el total del rendimiento y daños presentados en el kernel de la variedad 660 (segunda calidad).

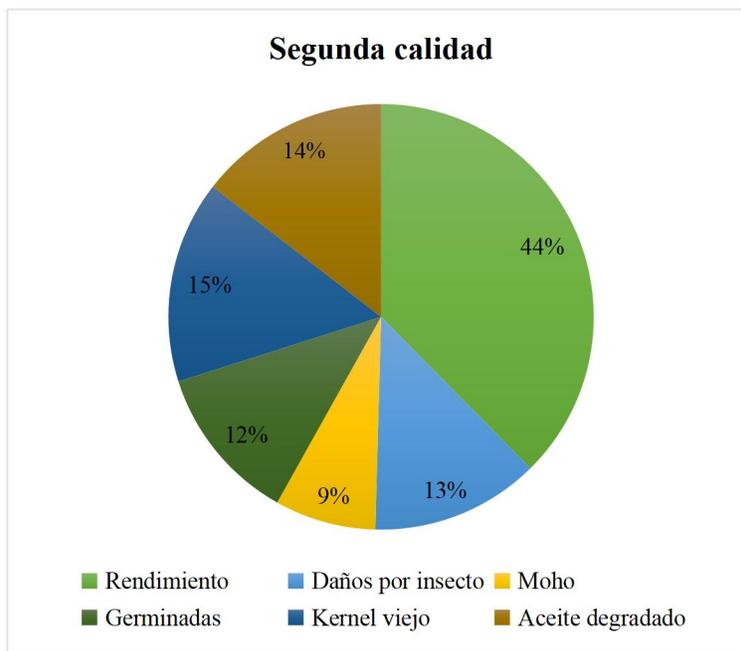


Figura 9. Rendimiento y los daños en kernel variedad 660.

Los datos obtenidos en la evaluación sobre la segunda calidad de la variedad 660 determinaron que en la segunda calidad el rendimiento es de 44%, presenta daños causado por insectos del 15%, moho 9%, kernel germinados 14%, kernel viejo 18% y un total de 17% de aceite degradado.

En la comparación entre las variedades 508 y 660 de macadamia (segunda calidad), se ha determinado que la calidad de segunda en rendimiento del kernel, es superior en la variedad 508 en comparación con la variedad 660, asimismo, en la variedad 508 el porcentaje de daños causados por insectos, presencia de moho, kernel viejo y nueces geminadas es significativamente menor que la variedad 660. Es importante señalar que esta diferencia no implica necesariamente que la variedad 508 sea menos resistente a sufrir daños, sino que, en el contexto específico de estos parámetros evaluados, de las variedades muestran una mejor resistencia o tolerancia frente a dichos factores.

La presencia de daños por insectos puede afectar significativamente la calidad de la nuez de macadamia. Es importante identificar las especies de insectos que causan el daño a la nuez e implementar controles para evitar daños, asimismo, la presencia de moho puede ser perjudicial tanto para la calidad como para la seguridad alimentaria. El control de la

humedad y la ventilación adecuada son factores importantes para prevenir la formación de moho.

1.3. Tamaño de macadamia en kernel

Los resultados sobre la evaluación de tamaño de kernel de la variedad 508 y 660, mediante la evaluación, en la figura 10 y 11 se observa el resultado de primera y segunda calidad.

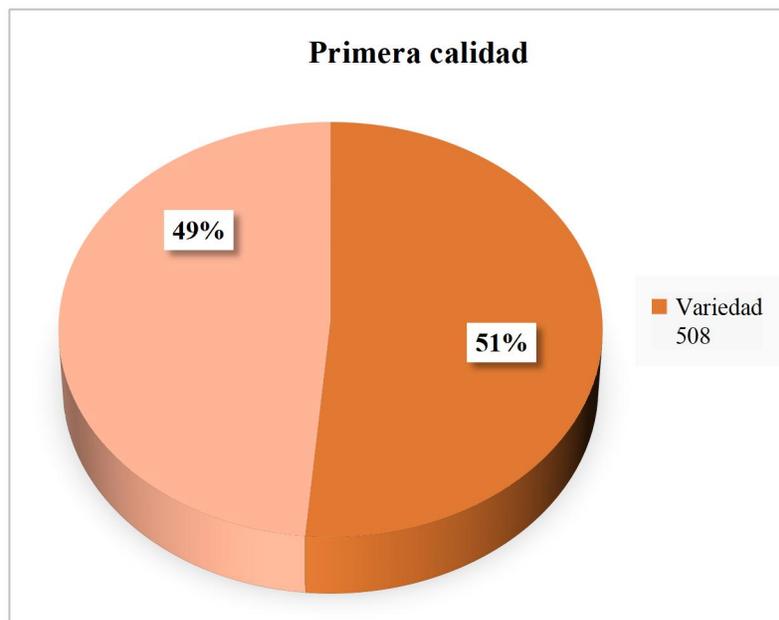


Figura 10. Diámetro de kernel (mm) primera calidad variedad 508.

Los datos obtenidos en cuenta a la recolección de muestras de nuez de macadamia de primera calidad en estado de kernel que la variedad 508 exhibe un promedio significativamente superior en comparación con la variedad 660. El análisis de los datos revela que el promedio obtenido para la variedad 508 alcanzó el 17.15mm, el cual es considerablemente mayor que el promedio de tamaño registrado para la variedad 660, que fue del 16.2mm. Estos resultados indican claramente que, en términos de tamaño de kernel, la variedad 508 supera a la variedad 660 en un 0.95mm.

A continuación, se muestra el resultado de la evaluación del diámetro del kernel de macadamia (segunda calidad) de las variedades 508 y 660.

Se presenta la figura sobre el diámetro de kernel (mm) obtenido de la variedad 508 (segunda calidad), figura 11.

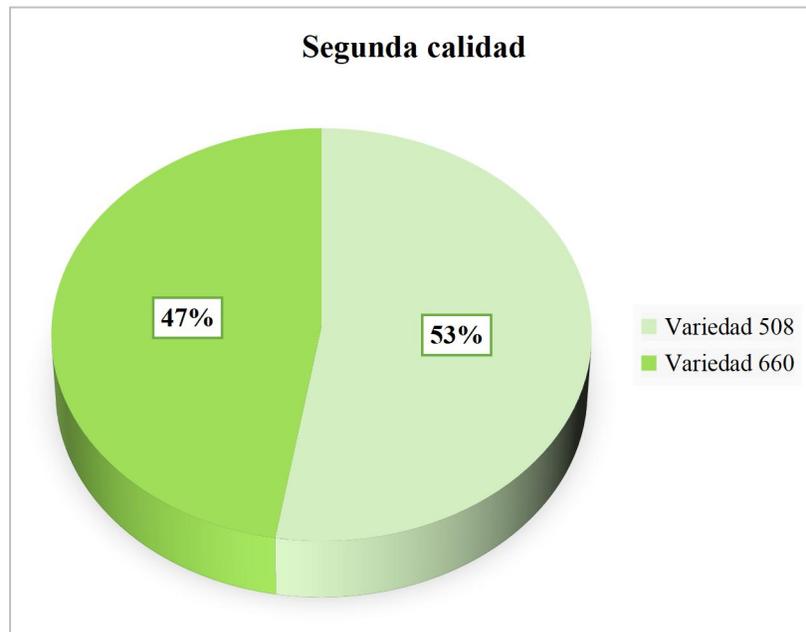


Figura 11. Diámetro de kernel (mm) segunda calidad variedad 508.

Mediante la recopilación de muestras de nuez de segunda calidad en estado de kernel, la variedad 508 presenta un promedio notablemente superior en comparación con la variedad 660. El análisis de los datos revela que el promedio alcanzado para la variedad 508 es de 20 mm, lo cual representa una mejora significativa respecto al promedio de tamaño registrado para la variedad 660, que fue del 18mm. Este hallazgo indica que la variedad 508 muestra un desempeño superior en términos de tamaño de kernel en el contexto específico de nueces de segunda calidad, lo que puede tener implicaciones importantes para la gestión y selección de variedades en el cultivo de macadamia

Este hallazgo tiene implicaciones importantes para la evaluación de la calidad y el rendimiento específico de cada variedad, brindando información valiosa para la selección y gestión eficiente en el cultivo de macadamia.

2. Elaboración de formulaciones de los subproductos de macadamia en finca Panamá como alternativa de venta en el mercado local.

La elaboración de los subproductos (bebida vegetal, galletas y aceite) se basó en el uso de kernel de macadamia de primera y segunda calidad. Para perfeccionar el subproducto se desarrollaron tres formulaciones diferentes con diversas concentraciones de estos ingredientes. Se realizó la prueba piloto para la evaluación de las características de los subproductos, como el sabor, la textura y color, aspectos claves para el desarrollo de las formulaciones de la bebida vegetal y galletas.

2.1. Proceso de formulaciones en la prueba piloto y tres reformulaciones para la transformación de la bebida vegetal, galletas y aceite a base de kernel de macadamia.

a. Bebida vegetal a base de macadamia.

Para los análisis de laboratorio se procedió a enviar tres muestras de las formulaciones de la bebida vegetal, envasados en frascos de vidrio de 475 ml de capacidad con una temperatura de 5°C.

Se obtuvieron los resultados del análisis realizado en el laboratorio, el cual proporcionó el total de grasas (g), sólidos no grasos (g), densidad (ml), proteínas (g) y el total de agua agregada en la bebida (ml)

La información nutricional obtenida de las diferentes formulaciones se detalla a continuación:

Tabla 9. Composición nutricional de las formulaciones.

	Formulación Uno Variedad 508. Primera calidad (200 gramos)	Formulación Dos variedades 508, segunda calidad (109 gramos) extracto de vainilla	Formulación Tres Variedad 660 primera calidad (109 gramos)
Grasas (g)	11.8	10.2	6.77
Solidos no grasos (g)	2.52	2.74	2.14
Densidad (ml)	3.00	3.1	3.64
Proteínas (g)	1.04	1.09	0.83
Agua agregada (ml)	33.7	38.5	50.4

Se observa algunas diferencias significativas en los datos nutricionales obtenidos de las tres formulaciones.

1. Grasas: La formulación uno tiene la mayor cantidad de grasas (11.8 g), seguida por la formulación dos (10.2 g) y la formulación tres (6.77 g). Esto sugiere que la formulación uno es la más alta en contenido graso.

Estas diferencias significativas se deben a la variación de macadamia y a los ingredientes ricos en grasa utilizados en cada formulación.

2. Proteínas: La formulación dos tuvo la mayor cantidad de proteínas (1.09 g), seguida por la formulación uno (1.04 g) y la formulación tres (0.83 g).

Cada formulación contiene diferentes ingredientes que aportan proteínas. La formulación dos posee mayor cantidad de ingredientes ricos en proteínas ya que contiene miel y extracto de vainilla natural en comparación con las otras formulaciones

3. Sólidos no grasos: la formulación dos tuvo la mayor cantidad de sólidos no grasos (2.74 g), seguida por la formulación uno (2.52 g) y la Formulación Tres (2.14 g).

Las diferencias en la cantidad de sólidos no grasos entre las formulaciones pueden explicarse por las decisiones específicas de formulación, que abarcan la selección, proporciones y procesamiento de los ingredientes utilizados en cada caso particular.

Estas diferencias indican que las tres formulaciones tienen perfiles nutricionales distintos. Por ejemplo, la formulación uno es la más alta en grasas, mientras que la formulación tres tiene la mayor cantidad de agua agregada. La formulación dos destaca en proteínas y sólidos no grasos.

Al comparar las tres formulaciones, se puede observar que hay diferencia entre ambas, la Formulación uno tiene un mayor porcentaje de grasas en comparación con la formulación dos y tres. Esto puede sugerir que las nueces utilizadas en la formulación uno, por contener mayor cantidad de nueces contiene más grasas en la bebida.

En la formulación dos y tres de la misma variedad de nuez de macadamia (660), se pueden identificar diferencias en la calidad de las nueces. Estas diferencias pueden deberse a varios factores, como el extracto de vainilla, asimismo, parece que la principal razón es la calidad de las nueces (primera y tercera) procesadas en cada formulación. A continuación, se explican las diferencias mencionadas:

Se puede observar un comparador con la leche de vaca, (por 240 ml, aproximadamente una taza):

Se observa en la tabla, la composición de nutrientes que tiene la leche de vaca, las proteínas, las grasas, la densidad y el agua agregada.

Tabla 10. Composición de nutrientes de la leche de vaca.

Grasas	8
Proteínas	8
Densidad	1028
Agua agregada	88.1

Fuente: (Base de datos BEDCA s.f).

Las bebidas vegetales presentan un mejor perfil lipídico que la leche de vaca, las cuales tienen menos contenido en grasa saturada en comparación con la leche de vaca. Al tener menos grasa saturada, las bebidas vegetales pueden contribuir a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Es importante destacar que las bebidas vegetales, como la bebida vegetal de macadamia, son sustituto de la leche de vaca y están diseñadas para personas que siguen dietas veganas, son intolerantes a la lactosa o tienen preferencias dietéticas.

Análisis sensorial

En el proceso de crear las formulaciones para la bebida vegetal, se llevó a cabo una prueba piloto que involucró a un grupo de 15 personas sin experiencia previa en degustaciones. Estos participantes evaluaron las características sensoriales del subproducto, centrándose en tres aspectos clave: el color, el aroma y el sabor.

Para generar el análisis de varianza para cada cualidad de las diferentes formulaciones, los datos obtenidos en la calificación del análisis sensorial y prueba hedónica por parte de los jueces se observa en la figura 61.

Para mantener la objetividad en la evaluación, las muestras se identificaron mediante códigos alfanuméricos: M.X.3, M.X.6 y M.X.9.

Este enfoque permitió obtener una perspectiva inicial sobre cómo percibían estas cualidades sensoriales los consumidores.

Con la producción de la bebida vegetal se obtuvieron los siguientes resultados:

Color:

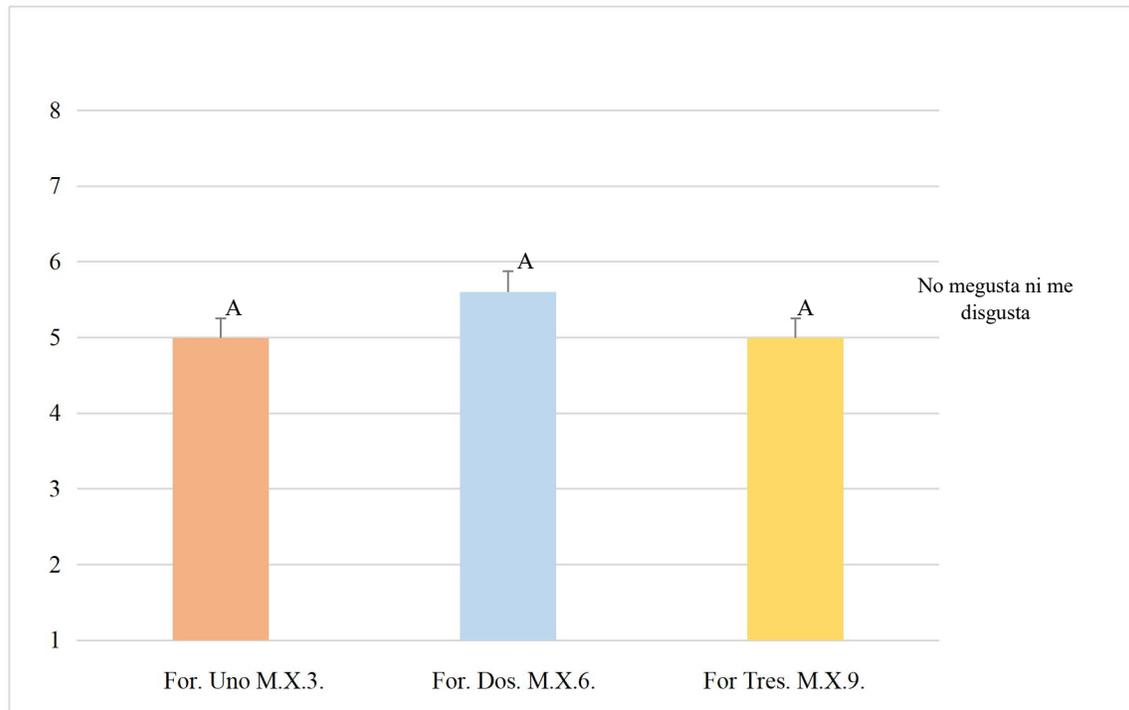


Figura 12. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Color

En la figura se observa el resultado del análisis de la prueba piloto para los tratamientos formulación Dos. (M.X.6), formulación Tres. (M.X.9) y formulación Uno (M.X.3), no hay diferencia significativa entre las formulaciones, debido a que los evaluadores no les pareció muy atractiva el color de las formulaciones de la prueba piloto, ya que en las tres formulaciones el color era muy opaco.

El coeficiente de variación fue de 19.89%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

En la figura se observa, los resultados del análisis sensorial sobre el atributo de aroma en las tres formulaciones de la bebida vegetal.

Aroma:

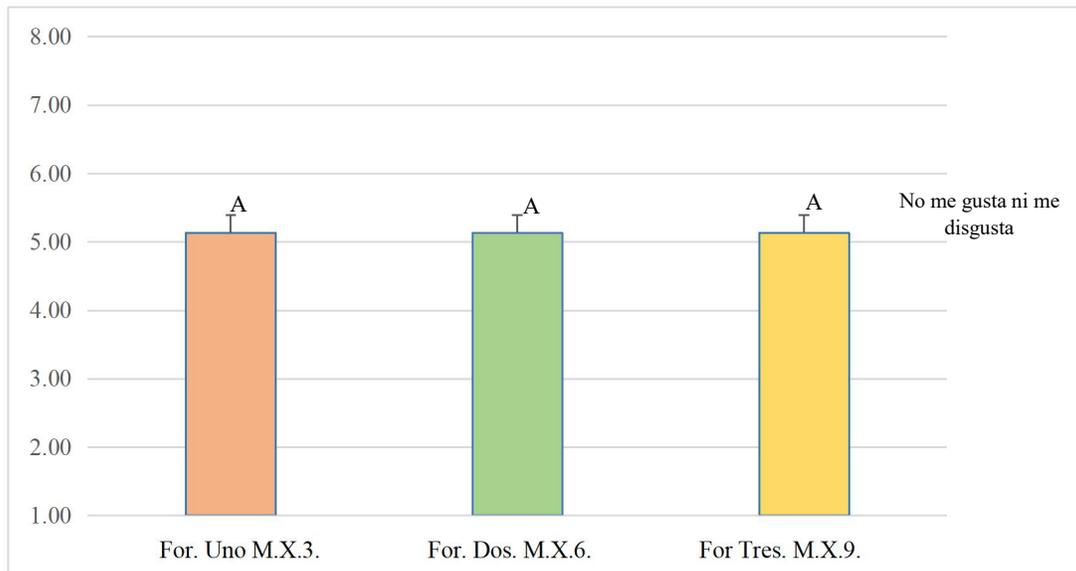


Figura 13. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Aroma.

Se observa el resultado del análisis de la prueba piloto para los tratamientos identificados con códigos M.X.3, M.X.6 y M.X.9, el cual indica que no existe diferencia significativa entre las formulaciones, tomando en cuenta que el valor de p-valor es menor o igual a 0.05, ninguno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable de aroma, esto se debió a que las tres formulaciones poseían diferentes gramos de macadamia, obteniendo una respuesta la cual fue: no me gusta ni me disgusta, debido a que los evaluadores no notaron el aroma de macadamia muy atrayente.

El coeficiente de variación en el experimento fue de 19.53%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Se observa en la figura los resultados del análisis sensorial sobre el atributo de sabor en las tres formulaciones de la bebida vegetal (prueba piloto).

Sabor:

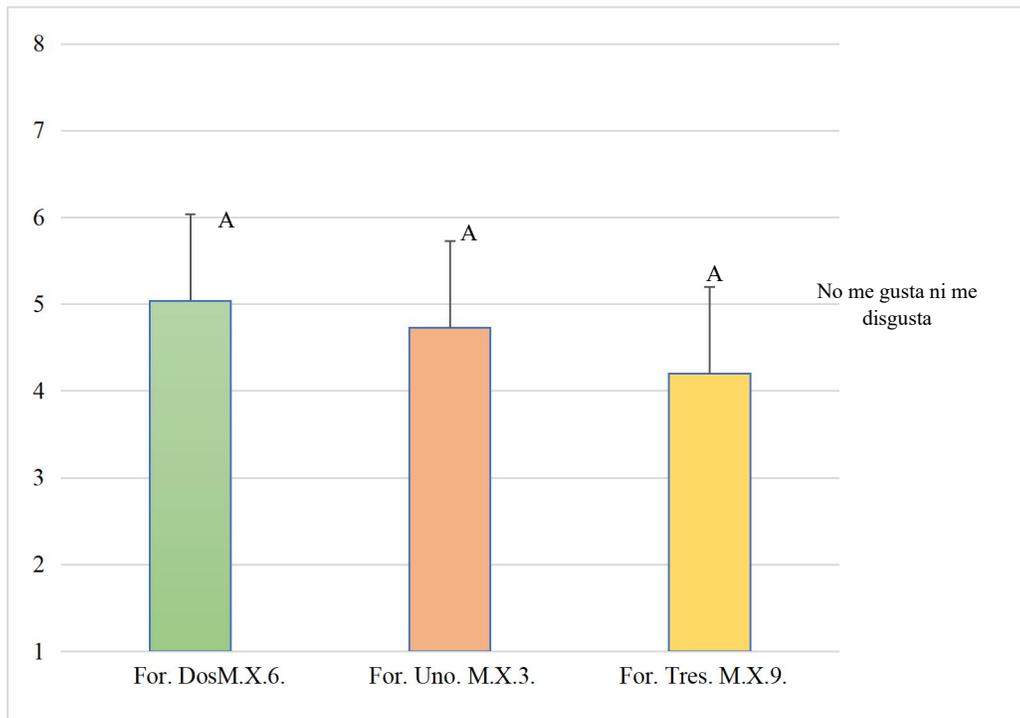


Figura 14. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Sabor.

En el resultado del análisis de la prueba piloto para los tratamientos identificados con códigos M.X.3, M.X.6 y M.X.9, no existe diferencia significativa entre las formulaciones, esto se debió a que las tres formulaciones fueron percibidas de la misma manera por parte de los evaluadores.

Motivo que en las tres formulaciones no se percibió el sabor de macadamia y no tenía un sabor dulce, ya que algunos evaluadores el sabor insípido no es atrayente.

El coeficiente de variación fue de 18.67%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento

Los resultados obtenidos después de llevar a cabo la prueba piloto y recopilar datos relacionados con una bebida vegetal, fueron los tres atributos de la bebida: color, aroma y sabor, los cuales están representados en las gráficas.

Como se observó en los resultados de las formulaciones evaluadas de la prueba piloto los evaluadores no encontraron atractivos ninguno de los atributos analizados de las tres formulaciones realizadas, lo que se atribuye a la percepción general de los evaluadores hacia dichos atributos.

Estos resultados fueron de importancia ya que, por medio de estos, fueron perfeccionadas las formulaciones, con el objetivo de regenerar el atractivo percibido por parte de los usuarios o clientes potenciales.

2.2. Formulación Final

Obteniendo los resultados de la prueba piloto se procedió a realizar la reformulación final de la bebida vegetal. La evaluación final involucró a un grupo de 30 personas sin experiencia previa en degustaciones. Estos participantes evaluaron las características sensoriales del subproducto, centrándose en tres aspectos clave: el color, el aroma y el sabor.

Para generar el análisis de varianza para cada cualidad de las diferentes formulaciones, los datos obtenidos en la calificación del análisis sensorial, (prueba hedónica) por parte de los jueces.

Se observa en la figura el resultado de la escala hedónica para la evaluación de cada atributo de la bebida vegetal.

A continuación, se presentan los resultados de los atributos de las diferentes formulaciones

Color:

En la figura 15 se aprecia la gráfica del análisis sensorial sobre el atributo de color

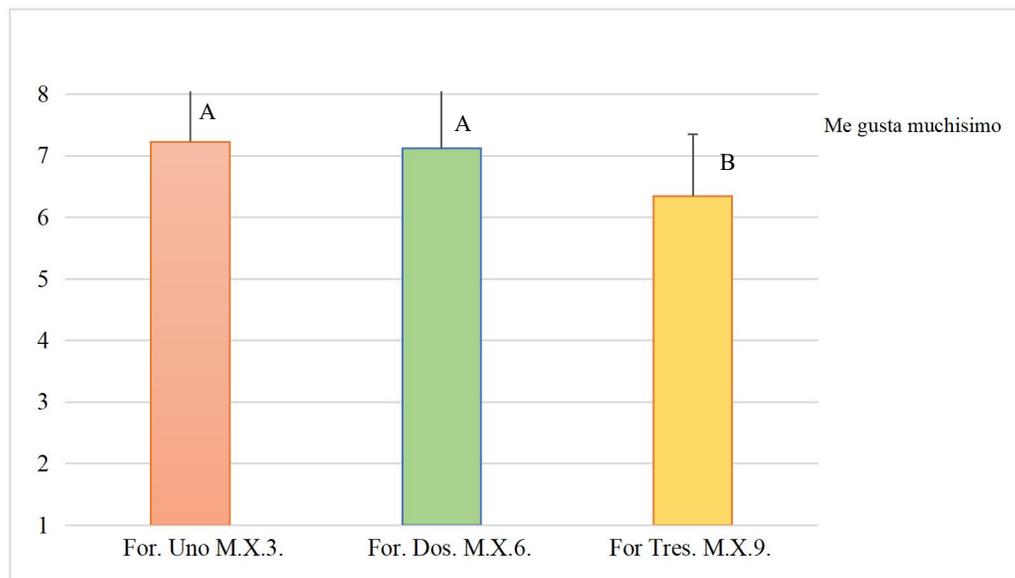


Figura 15. Resultado análisis sensorial (Formulación Final): Color.

El resultado sensorial sobre el atributo de sabor, el cual obtuvo diferencias entre ambos tratamientos, tomando en cuenta que el p-valor fue menor o igual a 0.05, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable apariencia.

El coeficiente de variación fue de 15.80%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, se determinó que los tratamientos formulación Uno M.X.3 y formulación Dos M.X.6, caracterizados por las formulaciones de 200 gramos de macadamia y 109 gramos de macadamia con vainilla, respectivamente, sobresalieron como los más destacados en términos de aceptabilidad, particularmente en lo que respecta al atributo de color de la bebida evaluada. La presencia de una mayor cantidad de

macadamia en la formulación Uno M.X.3 y la adición de vainilla en la Formulación Dos M.X.6 contribuyeron de manera significativa a la atractiva tonalidad visual de las bebidas, captando la atención y satisfacción de los evaluadores.

La formulación tres identificado con el código M.X.9 (109 gr de macadamia), obtuvo menor aceptabilidad, esto debido al porcentaje de gramos añadidos en la bebida, ya que presento una característica de color simple.

CV:15.80

Aroma:

En la figura se observa los resultados del análisis sensorial sobre el atributo de aroma

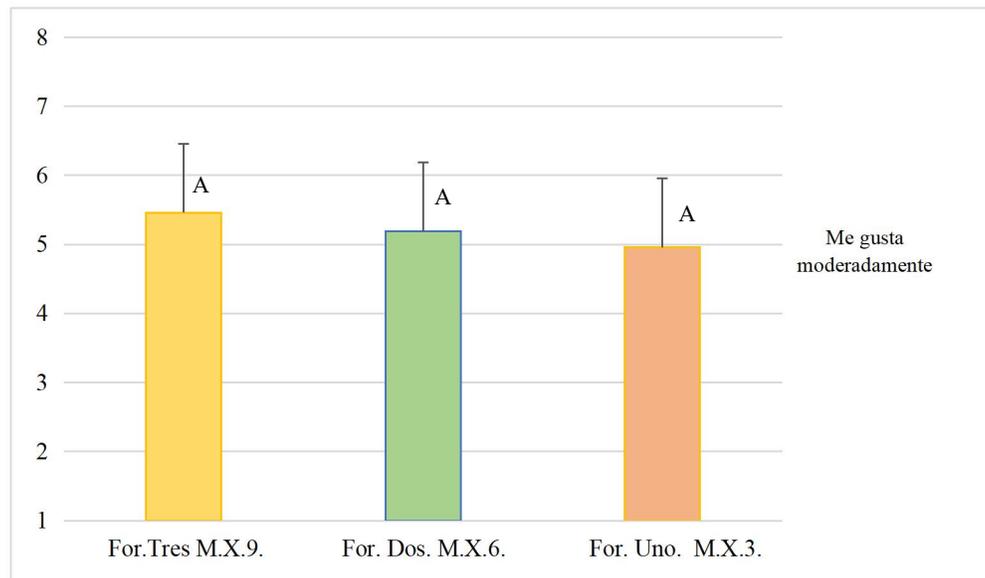


Figura 16. Resultado del análisis Sensorial (Formulación Final): Aroma

Como se observa en la figura, no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, lo cual indica en cuanto a la variable de aroma, se observó que ninguno de los tratamientos evaluados generó un efecto diferenciado. Esta homogeneidad se atribuye a que las tres formulaciones fueron percibidas de manera similar por los evaluadores, quienes expresaron una moderada preferencia. En la formulación uno, que contenía 200 gramos de macadamia, se destacó un aroma notablemente intenso, lo cual generó opiniones diversas entre los evaluadores. Por otro lado, la formulación dos, al incorporar vainilla, dispuso la presencia del aroma característico de la macadamia, mientras que, en la tercera formulación

con 109 gramos, no se detectó un olor distintivo a macadamia. Estos resultados resaltan la complejidad de la percepción aromática y sugieren que la manipulación de la cantidad y tipo de ingredientes puede influir de manera significativa en la experiencia olfativa de los evaluadores.

El coeficiente de variación fue de 18.91%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Sabor:

El análisis sensorial hacia el atributo de sabor se observa en la figura.

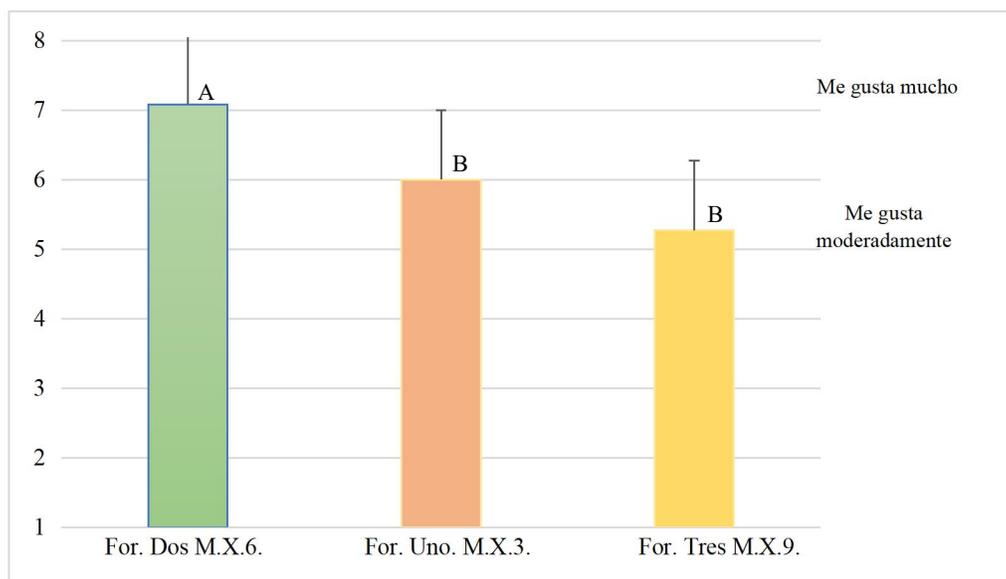


Figura 17. Resultado del análisis Sensorial Formulación Final Sabor

Como se observa, si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, tomando en cuenta que el p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produjo un efecto distinto en la variable sabor.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, la Formulación Dos designado con el código M.X.6., caracterizado por la formulación que incluye 109 gramos de macadamia con vainilla, se destaca como la opción preferida, obteniendo una mayor aceptabilidad entre los evaluadores. Este resultado se atribuye al equilibrio logrado en el sabor al incorporar vainilla en la formulación. En comparación, la formulación uno, que contiene 200 gramos de macadamia, resultó en un sabor más pronunciado, llegando a ser percibido como demasiado intenso por algunos evaluadores. Por otro lado, la formulación tres, al poseer menos macadamia y carecer de vainilla, no logró satisfacer el gusto deseado de los jueces,

indicando la importancia de la combinación específica de ingredientes en la percepción del sabor.

El coeficiente de variación fue de 15.80%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey.

Al obtener los resultados de la prueba piloto y la formulación final, se realizó una comparación para observar que hubo una respuesta positiva en las formulaciones finales.

Tabla 11.Resultados: Comparación formulación inicial y final.

	Prueba Piloto (n15)	Formulación Final (30)
Color	5.05 (No me gusta ni me disgusta)	7 (Me gusta mucho)
Aroma	4.62 (Me gusta poco)	5.2 (No me gusta ni me disgusta)
Sabor	4.65 (Me disgusta poco)	6.12 (Me gusta poco)

Comparando ambos resultados, en la tabla anterior, se pueden observar las variaciones en los parámetros organolépticos, pues si bien se reformuló la bebida y se aumentó la población de la muestra, hubo respuestas con respecto a la prueba piloto que las cuales no fueron positivas.

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, se determinó que una formulación dos 109 gramos de macadamia con vainilla para la producción de bebida vegetal logró una alta aceptación entre los habitantes de la región Suroccidente. Los evaluadores expresaron su satisfacción con los atributos sensoriales de sabor, color y aroma presentes en esta formulación, destacando así su atractivo y agradable experiencia sensorial

2.3. Formulación de galletas a base de macadamia

Las primeras formulaciones se utilizaron como prueba piloto para evaluar las características sensoriales iniciales y determinar la aceptabilidad del producto. Estos primeros resultados proporcionaron información valiosa sobre la apariencia, el sabor, consistencia y el aroma aspectos clave para la galleta.

Luego, con base en los comentarios y hallazgos de la prueba piloto, se procedió a reformular las galletas a base de macadamia.

2.4. Resultados de los paneles evaluación sensorial (prueba piloto)

En el proceso de crear las formulaciones para la galleta, se llevó a cabo una prueba piloto que involucró a un grupo de 15 personas sin experiencia previa en degustaciones. Estos participantes evaluaron las características sensoriales del subproducto, centrándose en cuatro aspectos claves: apariencia, sabor, consistencia y aroma. Para mantener la objetividad en la evaluación, las muestras se identificaron mediante códigos alfanuméricos: M.X.6, M.X.9 y M.X.12.

Este enfoque permitió obtener una perspectiva inicial sobre cómo percibían estas cualidades sensoriales los consumidores promedio antes de continuar con el desarrollo y la producción de la galleta de macadamia, se obtuvieron los siguientes resultados:

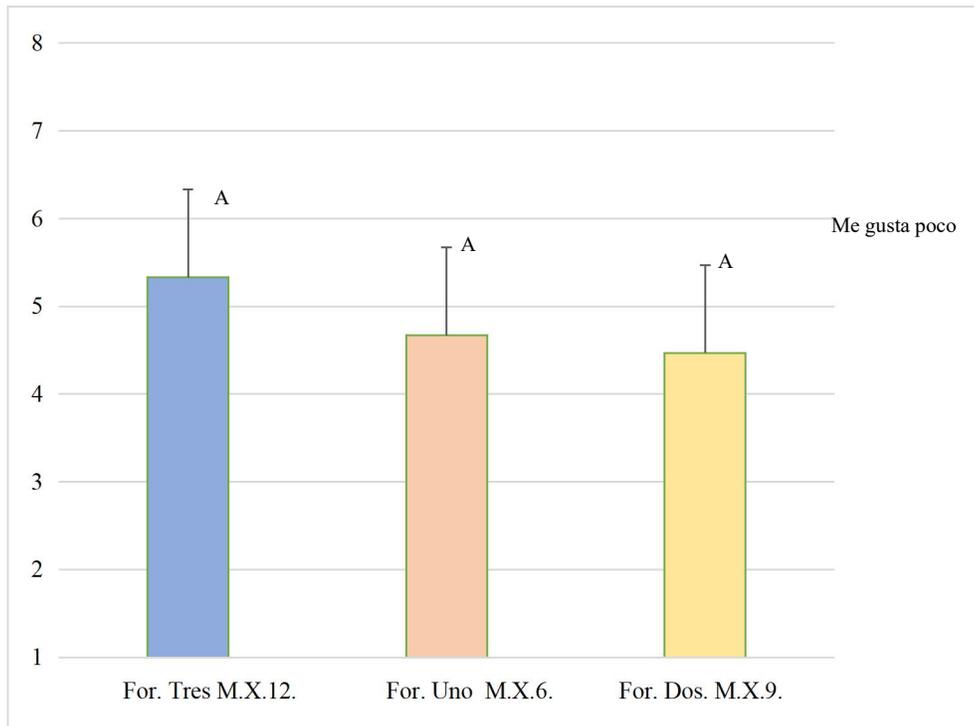
Apariencia:

Figura 18. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Apariencia.

En la figura se observa el resultado del análisis de la prueba piloto para los tratamientos M.X.12, M.X.6 y M.X.9, en donde no existe diferencia significativa entre los tratamientos, tomando en cuenta que el valor de p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que ninguna de las evaluadas generó un impacto diferenciado en la variable de apariencia, dado que las tres formulaciones de galletas, cada una conteniendo 150 gramos de macadamia, resultaron en me gusta poco para los evaluadores. La homogeneidad en la apreciación visual sugiere que la cantidad específica de macadamia utilizada en cada formulación no contribuyó de manera positiva a la presentación estética de las galletas.

El coeficiente de variación fue de 17.51%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

El análisis sensorial hacia el atributo de sabor se observa continuación:

Sabor:

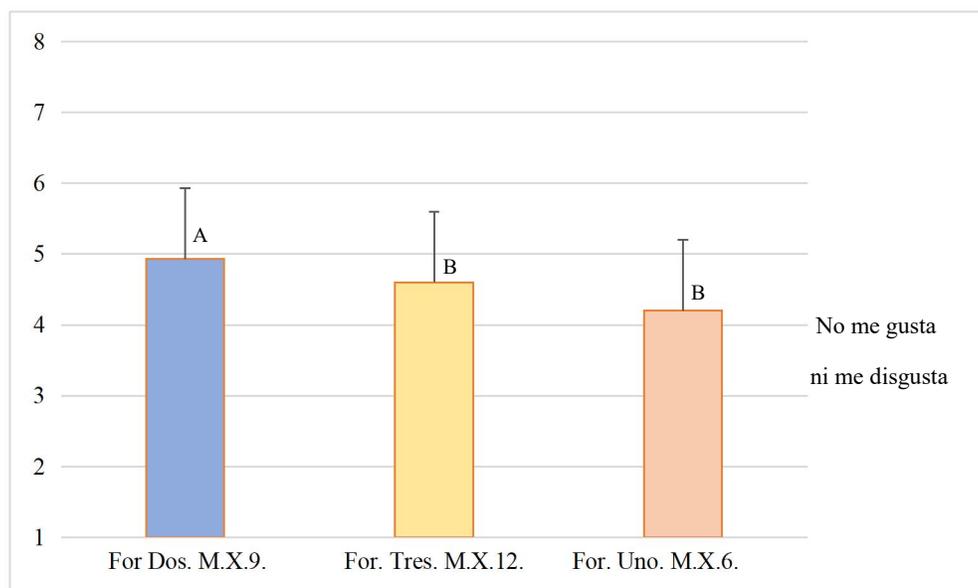


Figura 19. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Sabor.

El resultado del análisis de la prueba piloto de las formulaciones representadas por M.X.12, M.X.9 y M.X.6, existe diferencia significativa entre las formulaciones, tomando en cuenta que el valor de p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que uno de los tratamientos evaluados si produce un efecto distinto en la variable de sabor.

En coeficiente de variación fue de 15.41%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, el tratamiento M.X.12, que corresponde a la formulación (109 gr de macadamia con vainilla) se destacó al obtener una mayor aceptabilidad, atribuida a la inclusión de miel que le confiere un sabor más agradable. En contraste, la formulación uno, que solo contiene 150 gramos de macadamia, y la formulación tres, con 175 gramos, resultaron menos atractivas para el paladar de los evaluadores debido al sabor menos pronunciado que presentaron. La adición de miel en la formulación dos parece haber contribuido significativamente a realzar la experiencia gustativa, resaltando la importancia de la combinación precisa de ingredientes para lograr la aceptación de los consumidores en el contexto sensorial.

Realizado el análisis sensorial de nivel de aceptación (escala hedónica) se determinó el resultado del atributo de consistencia en la galleta de macadamia, figura 20.

Consistencia:

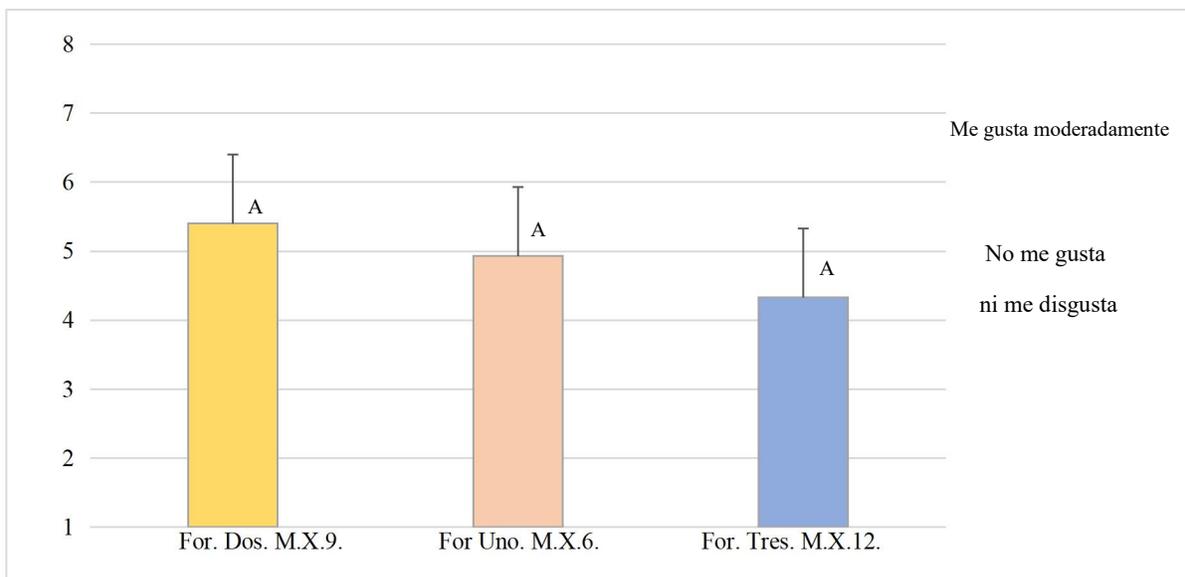


Figura 20. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Consistencia.

El resultado del análisis de la prueba piloto para los tratamientos identificados con el código M.X.9, M.X.6 y M.X.12, en donde no existe diferencia significativa entre las formulaciones, tomando en cuenta que el valor de p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que ninguna formulación evaluada generó un efecto diferenciado en la variable de consistencia. Los evaluadores percibieron una consistencia menos favorable en ambas formulaciones, ya que ambas contienen 109 gramos de macadamia, lo cual no fue del agrado general.

La similitud en la cantidad de macadamia utilizada en las formulaciones sugiere que este factor específico puede estar contribuyendo a la percepción menos favorable de la consistencia por parte de los evaluadores. Estos resultados subrayan la relevancia de la cantidad precisa de ingredientes en la formulación para lograr una consistencia deseada y resaltar la importancia de considerar estos aspectos en la búsqueda de la aceptación sensorial del producto.

El coeficiente de variación fue de 16.21%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Se observa en la figura 21 el resultado de análisis sensorial de la galleta el cual determinó el resultado del aroma en la galleta de macadamia.

Aroma:

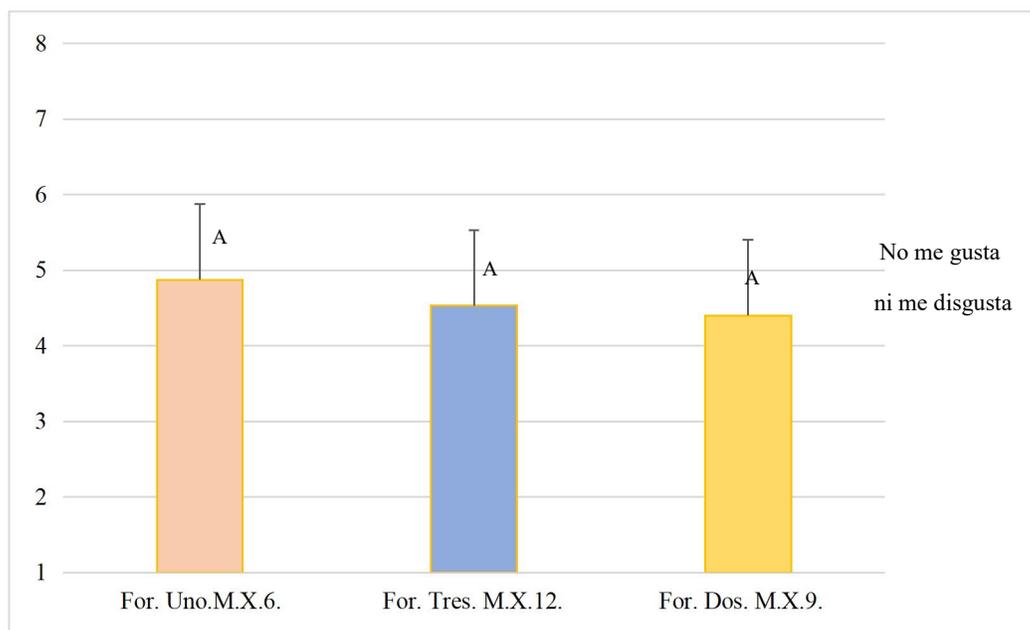


Figura 21. Resultado del análisis sensorial (Prueba Piloto): Aroma.

El resultado obtenido del análisis de la prueba piloto para los tratamientos identificados con el código M.X.6, M.X.12 y M.X.9, no hay diferencia significativa entre las formulaciones, tomando en cuenta que el valor de p-valor menor o igual a 0.05, lo cual indicó que ninguno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable de aroma, ya que los evaluadores percibieron un aroma menos agradable en todas las formulaciones. La presencia reducida de macadamia en dichas formulaciones contribuyó a que los evaluadores no notaran el característico aroma de esta nuez.

El coeficiente de variación fue de 15.59%, lo cual indicó un adecuado manejo del experimento.

Los resultados de la prueba piloto y el análisis estadístico con la prueba de Tukey indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tres formulaciones de galletas

en cuanto a las características evaluadas: apariencia, consistencia y aroma. Se pueden observar en las figuras (19, 20, y 21). Esto significa que, en términos generales, las formulaciones de galletas se percibieron de manera similar en términos de estas características.

Estos resultados fueron útiles para la reformulación de las galletas y para determinar los ajustes en algunos de los aspectos evaluados para mejorar la percepción del producto por parte de los consumidores.

2.5. Resultados de los paneles evaluación sensorial Formulación Final Galleta.

Obteniendo los resultados de la prueba piloto se procedió a realizar la reformulación final de las galletas a base de macadamia. La evaluación final tuvo un total de 30 personas sin experiencia previa en degustaciones. Estos participantes evaluaron las características sensoriales del subproducto, centrándose en tres aspectos clave: consistencia, el aroma, apariencia y el sabor.

Para generar el análisis de varianza para cada cualidad de las diferentes formulaciones, se tomaron en cuenta los datos obtenidos en la calificación del análisis sensorial, (prueba hedónica) por parte de los jueces..

Apariencia:

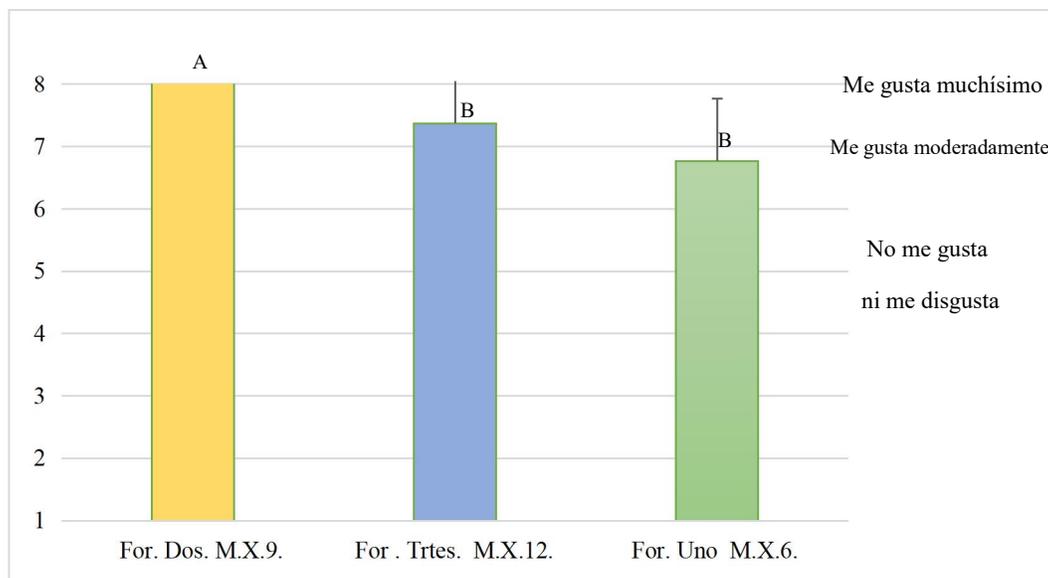


Figura 22. Resultado del análisis sensorial Formulación final: Apariencia.

En las formulaciones finales, se puede apreciar que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, tomando en cuenta que el p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable apariencia.

El coeficiente de variación fue de 17.68%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, la Formulación Dos representada por el código de M.X.6. B., compuesto por 250 gramos de macadamia, miel y vainilla, se destacó como la opción preferida entre los catadores. La razón principal de su elección radicó en su mayor nivel de aceptabilidad, atribuible a la combinación de miel y vainilla, obteniendo una apariencia más atractiva, caracterizada por un tono dorado. En contraste, la formulación uno, que contiene exclusivamente macadamia, y la formulación tres, que únicamente incorpora vainilla, fueron superadas en términos de aceptación, resaltando la importancia de la sinergia entre los ingredientes empleados en el tratamiento Formulación Dos M.X.9.

Los tratamientos Formulación Tres M.X.12 y Formulación Uno M.X.6, son iguales estadísticamente.

Sabor:

Realizado el análisis sensorial al atributo de sabor para las tres formulaciones se determinó el resultado.

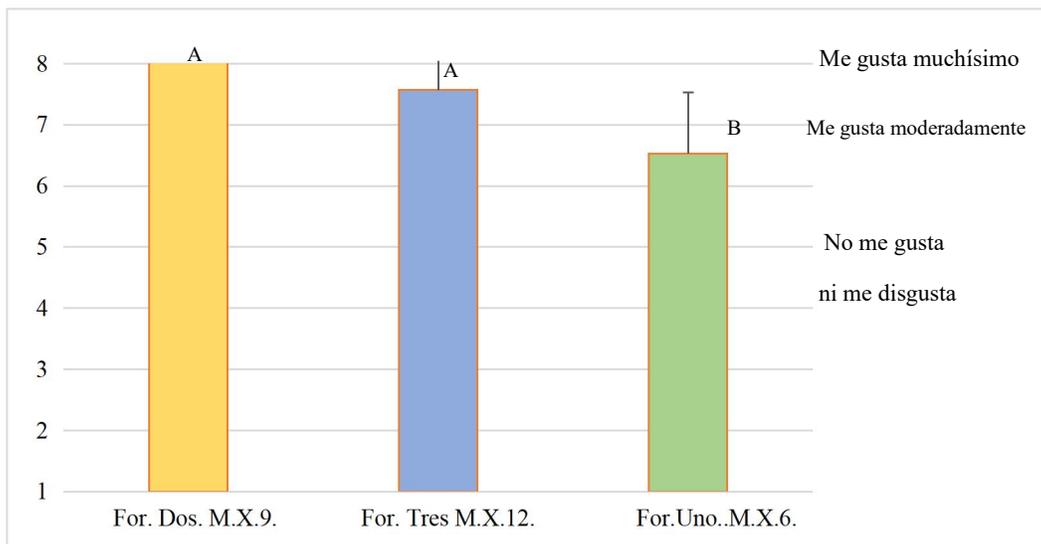


Figura 23. Resultado del análisis sensorial (Formulación Final): Sabor.

El análisis realizado para cada reformulación, indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, tomando en cuenta que el p-valor es menor o igual a 0.05, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos evaluados produce un efecto distinto en la variable apariencia.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, las formulaciones con códigos M.X.9. y M.X.12, que corresponden a las formulaciones de 250 gramos de macadamia con miel y vainilla, y 200 gramos de macadamia con vainilla respectivamente, destacaron al obtener la mayor aceptabilidad en términos de sabor.

Estos resultados sugieren que la combinación de macadamia con miel y vainilla en el caso de la formulación Dos M.X.9, y mezcla de macadamia con vainilla en el caso de la formulación Tres M.X.12., generaron experiencias sensoriales altamente satisfactorias para los evaluadores, destacándose por la tercera formulación en la preferencia gustativa.

El tratamiento M.X.6. de la formulación (200 gr), obtuvo una menor aceptabilidad en cuanto al sabor.

Se obtuvo un coeficiente de variación fue de 16.94%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Realizado el análisis sensorial de nivel de aceptación en escala hedónica se determinó el resultado del atributo de consistencia en la galleta de macadamia, el cual está reflejado en la gráfica.

Consistencia:

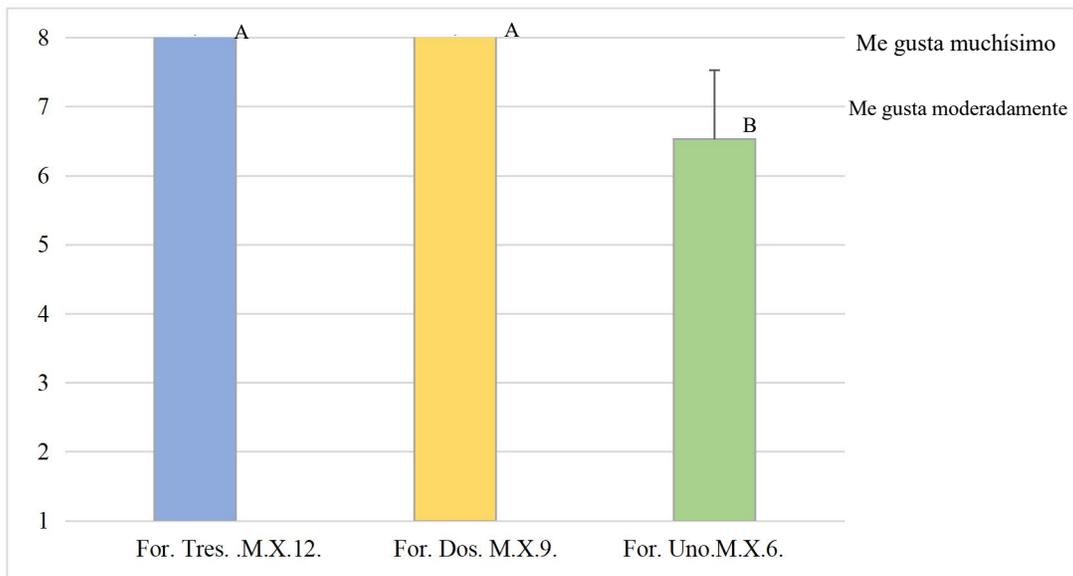


Figura 24. Resultado del análisis sensorial (Formulación Final): Consistencia.

La diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, en la variable consistencia.

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey, Los tratamientos M.X.12., compuesto por 200 gramos de macadamia y vainilla, y M.X.9., identificado con el código correspondiente a la formulación dos que contiene 250 gramos de macadamia, miel y vainilla, fueron los preferidos por los evaluadores en relación con la consistencia de la galles. En contraste, la formulación uno, identificada como M.X.6 y compuesta por una combinación diferente, obtuvo una menor aceptabilidad entre los evaluadores. La percepción de una consistencia menos agradable en M.X.6 indica que la elección y proporciones de ingredientes pueden desempeñar un papel crucial en la satisfacción del paladar y las preferencias de los catadores.

El coeficiente de variación fue de 15.94%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Realizado el análisis sensorial de nivel de aceptación en escala hedónica los resultados se muestran en la siguiente gráfica del atributo aroma en la galleta de macadamia, el cual está reflejado en la gráfica.

Aroma:

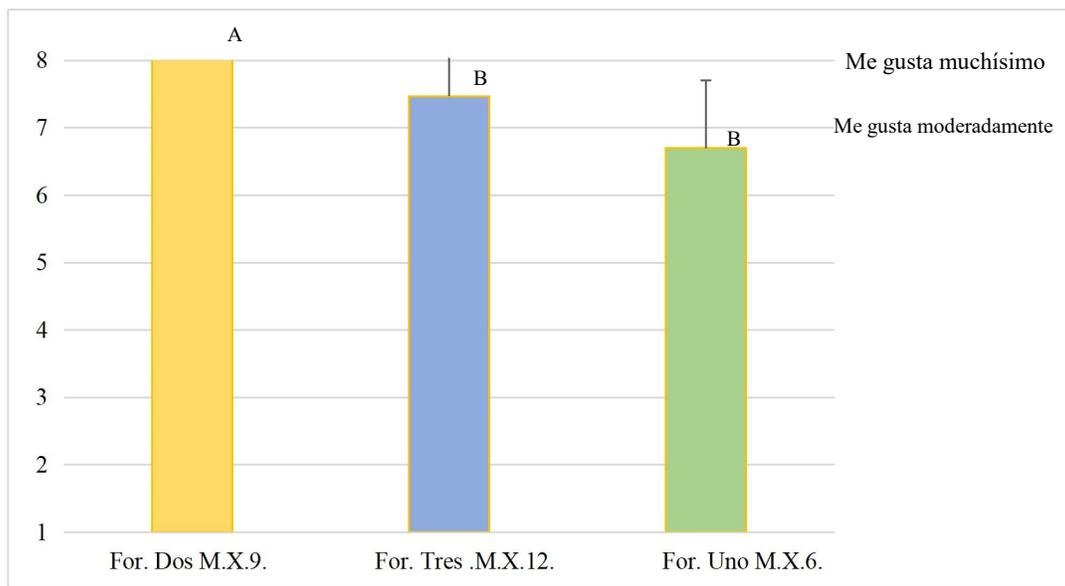


Figura 25.Resultado del análisis sensorial (Formulación Final): Aroma

El resultado del análisis sensorial que se realizó al atributo del aroma, en que la formulación Dos identificada con el código M.X.9. fue la que mayor aceptabilidad obtuvo por parte de los catadores, comparada a la formulación Tres con el código M.X.12 y formulación Uno M.X.6

Según los resultados reflejados en la tabla y tras realizar la prueba de medias de Tukey, la formulación dos, identificada como M.X.6 y compuesta por 200 gramos de macadamia, miel y vainilla, se destaca como la opción superior. Esta formulación obtuvo la mayor aceptabilidad por parte de los catadores, quienes apreciaron su agradable aroma, atribuible a la presencia de miel y vainilla. En contraste, la formulación tres, representada por el código M.X.12 y caracterizada por contener únicamente 200 gramos de vainilla, no logró transmitir un aroma perceptible. Similarmente, la formulación uno, identificada como

M.X.6 y compuesta exclusivamente por vainilla, no fue la preferida por los evaluadores. Aunque las formulaciones uno y tres fueron estadísticamente similares entre sí, ambas exhibieron una menor aceptabilidad en comparación con el tratamiento M.X.9.

El coeficiente de variación fue de 16.73%, lo cual indica un adecuado manejo del experimento.

Al obtener los resultados de la prueba piloto y la formulación final, se realizó una comparación para observar que hubo una respuesta positiva en las formulaciones finales.

Tabla 12. Resultados: Comparación formulación inicial y final.

	Prueba Piloto (n15)	Formulación Final (30)
Apariencia	5. (No me gusta ni me disgusta)	7 (Me gusta muchísimo)
Sabor	4 (Me disgusta poco)	7.47 (Me gusta muchísimo)
Consistencia	5 (No me gusta ni me disgusta)	8 (Me gusta muchísimo)
Aroma	4 (me disgusta poco)	7.5 (Me gusta muchísimo)

Comparando ambos resultados, en la tabla anterior 13, se puede observar que hubo variaciones en los parámetros organolépticos entre la prueba piloto y las formulaciones finales de las galletas. Estas variaciones sugieren que las modificaciones realizadas en las formulaciones resultaron en una mejora en la percepción de los atributos de las galletas y en la aceptación general por parte de los evaluadores.

En la prueba piloto, los resultados indicaron que las formulaciones se caracterizaban por ser percibidas como "No me gusta ni me disgusta" en términos de apariencia, sabor, consistencia y aroma. Sin embargo, en las formulaciones finales, hubo diferencias significativas en términos de sabor y aroma, con algunas formulaciones siendo percibidas de manera más favorable que otras.

Esto sugiere que las modificaciones realizadas en las formulaciones de los atributos de sabor, consistencia, apariencia y aroma, fueron de importancia ya que al combinar adecuadamente los ingredientes se logró obtener una satisfacción sensorial por parte de los evaluadores.

Hipótesis alternativa: Con base a los datos obtenidos en la evaluación sensorial, se determinó que al menos una formulación para la transformación de galletas tuvo la aceptación por los pobladores de la región Sur Occidente.

2.6. Formulación de aceite vegetal

Las dos primeras formulaciones se utilizaron como prueba piloto para evaluar el porcentaje de aceite extraído de un kilogramo de macadamia con una temperatura de 180 °C. Estos primeros resultados proporcionaron información adecuada sobre la extracción del aceite de macadamia. Luego, con base a las observaciones y hallazgos de la prueba piloto, se procedió a reformular la extracción del aceite de macadamia.

Para las formulaciones se utilizó un kilogramo de macadamia, formulación uno de primera calidad de la variedad 508 y para la segunda formulación se utilizó macadamia de segunda de la variedad 660.

La información se ordenó y recolectó de la siguiente manera:

Tabla 14. Datos de nueces de macadamia variedad 508 y 660

Variedad 508	Variedad 508	Variedad 660	
Tamaño de partícula	4,70	4,70	mm
Temperatura de extracción	160	160	°C

En la figura se observa el resultado obtenido en la extracción de aceite por kilogramo.

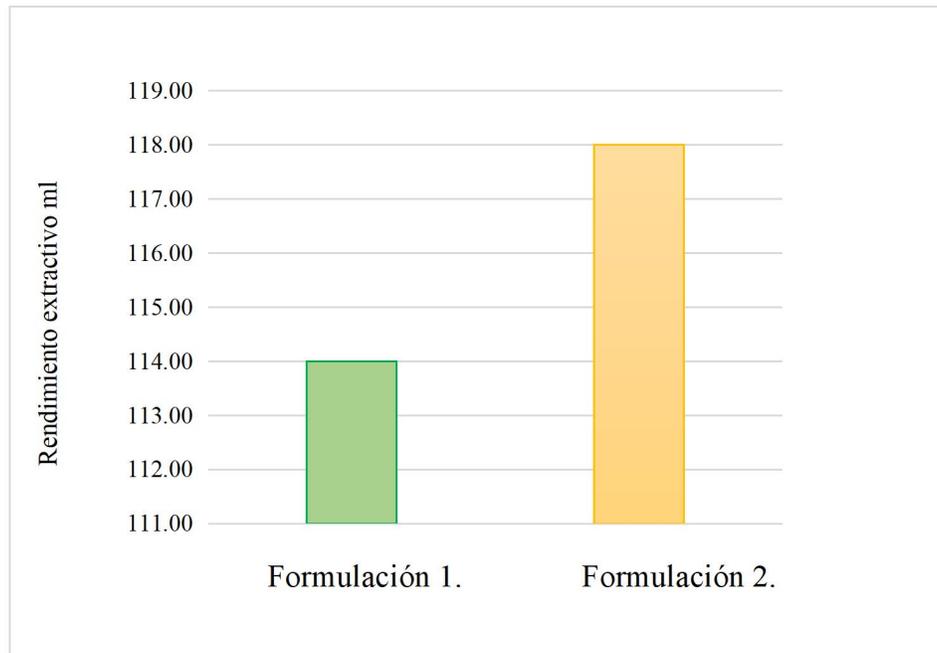


Figura 26. Rendimiento de aceite.

La formulación dos de la variedad 660 tuvo un rendimiento superior en comparación a la formulación uno de la variedad 508, ya que obtuvo un mayor volumen de aceite (118.00 ml comparado a 114.00 ml), el aumento en el volumen puede ser atribuido por el factor de calidad, ya que en la formulación dos se utilizó macadamia de segunda calidad la cual presenta mayor porcentaje de aceite en la nuez.

La calidad de la materia prima es un factor importante en los procesos de extracción de aceite, ya que la concentración de aceite en la nuez puede variar significativamente.

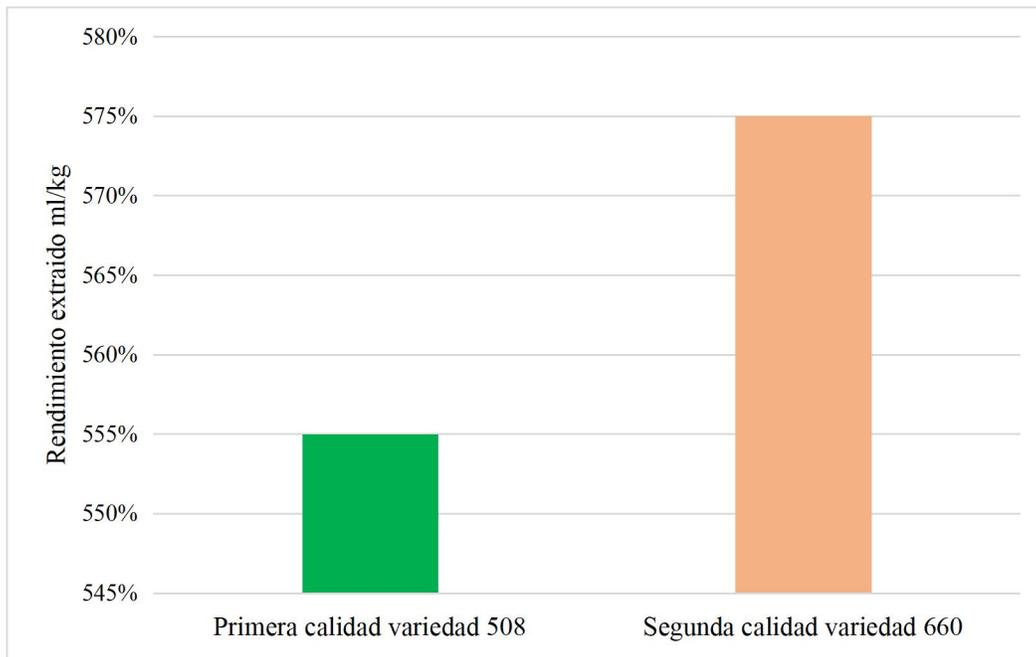


Figura 27. Comparación de rendimiento extractivos de aceite fijo ml/kg de macadamia.

El rendimiento que se obtuvo de la extracción de las dos variedades de macadamia. La variedad 508 obtuvo un rendimiento de 601 ml/kg de aceite extraído sin el proceso de colado, con el proceso realizado en la eliminación de los residuos de macadamia se obtuvo un volumen de 555 ml/kg.

El rendimiento de la variedad 660 utilizando segunda calidad de macadamia obtuvo un volumen de aceite extraído de 588 ml/kg, con el proceso de colado el rendimiento del aceite es de 575 ml/kg. La variedad 508 tiene un rendimiento de aceite ligeramente menor en comparación con la variedad 660

Esto se debió a que la formulación dos, presentaba mayor cantidad de aceite dentro de las nueces de macadamia.

3. Determinación de costos de producción de los subproductos procesados a nivel del laboratorio del cultivo de macadamia de finca Panamá

Como resultado de las formulaciones realizadas para cada subproducto a nivel de laboratorio, se obtuvieron como la finalización de los costos de producción asociados a tres subproductos específicos: bebida vegetal, galletas de macadamia y aceite.

3.1. Costos por formulación en el cultivo de macadamia.

En la siguiente tabla se puede apreciar el costo total de producción de un litro de bebida a base de macadamia para la formulación uno.

Tabla 14. Costo de producción de bebida vegetal Formulación Uno.

COSTOS FIJOS				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación de la bebida vegetal	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93
2. INSUMOS				Q7.06
2.1. kernel (macadamia de primera)	Kilogramos	0.2	Q 15.20	3.04
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02
2.3. Frascos de muestra	Unidad	1	Q 4.00	4.00
TOTAL, COSTOS FIJOS				Q18.99
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO BEBIDA VEGETAL				
1.1. Maquinaria Chefwave Milkamade (Litros procesados)		1	Q1.88	Q1.88
TOTAL, COSTOS VARIABLES				Q1.88
COSTOS TOTALES (CT = CF + CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto de bebida vegetal				Q20.87

Se calcularon los costos de producción para la formulación uno (macadamia de primera 508), que se utilizó en la elaboración de una bebida vegetal, se determinó que el costo total de producción es de Q20.87 por litro de esa bebida vegetal.

Se observa el costo total de producción de un litro de bebida vegetal para la formulación dos.

Tabla 15. Costos de producción de la bebida vegetal Formulación Dos.

COSTOS FIJOS				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación de la bebida vegetal	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93
2. INSUMOS				Q5.69
2.1. kernel (macadamia de primera)	Kilogramos	0.109	Q 15.20	1.66
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02
2.3. Vainilla	Litro	0.015	Q 0.45	0.01
2.4. Frascos de muestra	Unidad	1	Q 4.00	4.00
TOTAL, COSTOS FIJOS				Q17.61
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO BEBIDA VEGETAL				
1.1. Maquinaria Chefwave Milkamade (Litros procesados)		1	Q1.88	Q1.88
TOTAL, COSTOS VARIABLES				Q1.88
COSTOS TOTALES (CT = CF + CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto de bebida vegetal				Q19.49

Se presentaron los cálculos para determinar los costos de producción de la formulación dos, que implica el uso de macadamia de primera (660) utilizando extracto de vainilla, en la elaboración de una bebida vegetal. Según estos cálculos, se determinó que el costo total de producción de esta bebida vegetal es de Q19.49 por litro.

Costo total de producción para realizar un litro de bebida vegetal para la tercera formulación a nivel de laboratorio.

Tabla 16. Costos de producción de la bebida vegetal Formulación Tres.

COSTOS FIJOS				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación de la bebida vegetal	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93
2. INSUMOS				Q4.90
2.1. kernel (macadamia segunda)	Kilogramos	0.109	Q 8.08	0.88
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02
2.3. Frascos de muestra	Unidad	1	Q 4.00	4.00
Total, COSTOS FIJOS				Q16.83
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO BEBIDA VEGETAL				
1.1. Maquinaria Chefwave Milkamade (Litros procesados)		1	Q1.88	Q1.88
TOTAL, COSTOS VARIABLES				Q1.88
COSTOS TOTALES (CT = CF + CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto de bebida vegetal				Q18.71

Se muestran los cálculos para determinar los costos de producción de la formulación dos, la cual involucró el uso de macadamia de segunda calidad (660) en la elaboración de la bebida vegetal. Los cálculos arrojaron que el costo total de producción de esta bebida vegetal es de Q18.71 por litro.

Para la formulación uno 20.87 quetzales por litro, se utilizó una cantidad significativamente mayor de macadamia de primera calidad 200 gramos. Dado que la macadamia de primera calidad es más costosa 15.20 quetzales por libra en kernel, esto contribuye a un mayor costo por litro. Para la formulación dos el costo total es de 19.49 quetzales por litro, aquí, se utilizó una cantidad menor de macadamia de primera calidad 109 gramos, lo que redujo el costo en comparación con la formulación uno. Sin embargo, todavía se mantuvo una calidad relativamente alta en los ingredientes ya que se utilizó extracto de vainilla, lo que

resultó en un costo moderado. En la formulación tres el costo total es de 18.71 quetzales por litro, ya que, en esta formulación, se optó por usar macadamia de tercera calidad 8.08 quetzales por libra en kernel. La formulación dos se encuentra en un punto intermedio, equilibrando costos y calidad.

En la figura 28, se observa la bebida vegetal disponible en el mercado de la marca milkadamia, la cual tiene un precio de Q71.66 quetzales el litro, según (Ubu, s.f).



Figura 28. Bebida vegetal milkadamia.

Al contrastar el costo de la segunda formulación, la cual fue bien recibida por los evaluadores y tiene un precio de 19.49 quetzales, con otras opciones en el mercado, se observa una notable diferencia. En comparación, la bebida de milkadamia se encuentra a 71.66 quetzales, la bebida de almendra a 22.10 quetzales y la bebida de soja a 24.45 quetzales. La formulación elaborada en finca Panamá se presenta como una alternativa económicamente accesible, lo que la convierte en una opción plausible y aceptable para la población local. Este aspecto puede ser crucial para garantizar la aceptación y adopción del producto entre los consumidores.

3.2. Costo de producción galletas a base de macadamia

En la siguiente tabla se puede apreciar el costo total de producción para un lote de 50 galletas a base de macadamia para la formulación uno.

Tabla 17. Costos de producción galleta de macadamia Formulación Uno.

Costos Fijos				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación de la galleta	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93
2. INSUMOS				Q55.01
2.1. kernel (macadamia de primera)	Kilogramos	0.25	Q 15.20	3.80
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02
2.3. Harina	Kilogramos	0.2	Q 5.00	1.00
2.4. Polvo para hornear	Kilogramos	0.015	Q 7.00	0.11
2.5. Mantequilla	Kilogramos	0.4	Q 20.50	8.20
2.6. Miel	Kilogramos	0.015	Q 30.00	0.45
2.6. Azúcar	Kilogramos	0.35	Q 3.52	1.23
2.7. Huevos	Unidad	2	Q 2.00	4.00
2.8. Papel mantequilla	Unidad	1	Q 35.00	35.00
2.9. Empaque de galletas	Unidad	1	Q 1.20	1.20
TOTAL COSTOS FIJOS				Q66.94
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO GALLETA				
1.1. Batidora industrial (50 galletas)		1	Q 2.84	Q 2.84
1.2. Charolas para hornear		1	Q 0.14	Q 0.14
1.3. Rodillo		1	Q 0.56	Q 0.56
1.4. Ras pas		1	Q 0.21	Q 0.21
1.5. Tamiz		1	Q 0.83	Q 0.83
1.6. Maquinaria Horno industrial (50 galletas)		1	Q 1.88	Q 1.88
TOTAL COSTOS VARIABLES				Q 4.72
COSTOS TOTALES (CT= CF+ CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto de Galleta de macadamia				Q 71.21

Se observa el precio de cada ingrediente y herramientas para la elaboración una galleta a base de macadamia, los costos de producción para la formulación uno, la cual obtiene macadamia de primera (508). Los cálculos arrojaron que el costo total en la elaboración de un lote de 50 galletas es de Q71.21, el costo por unidad es de un total de 1.42 quetzales.

Se observa en la siguiente tabla el costo total de producción para un lote de 50 galletas a base de macadamia para la formulación dos.

Tabla 18. Costos de producción galleta de macadamia Formulación Dos.

Costos Fijos				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación de la galleta	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93
2. INSUMOS				Q61.01
2.1. kernel (macadamia de primera)	Kilogramos	0.25	Q 15.20	3.80
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02
2.3. Harina	Kilogramos	0.2	Q 5.00	1.00
2.4. Polvo para hornear	Kilogramos	0.015	Q 7.00	0.11
2.5. Mantequilla	Kilogramos	0.4	Q 20.50	8.20
2.6. Miel	Kilogramos	0.015	Q 30.00	0.45
2.7. Vainilla	mililitros	0.15	Q 40.00	6.00
2.8. Azúcar	Kilogramos	0.35	Q 3.52	1.23
2.9. Huevos	Unidad	2	Q 2.00	4.00
2.10. Papel mantequilla	Unidad	1	Q 35.00	35.00
2.11. Empaque de galletas	Unidad	1	Q 1.20	1.20
TOTAL COSTOS FIJOS				Q72.94
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO GALLETA				
1.1. Batidora industrial (50 galletas)		1	Q 2.84	Q 2.84
1.2. Charolas para hornear		1	Q 0.14	Q 0.14
1.3. Rodillo		1	Q 0.56	Q 0.56
1.4. Raspas		1	Q 0.21	Q 0.21
1.5. Tamiz		1	Q 0.83	Q 0.83
1.6. Maquinaria Horno industrial (50 galletas)		1	Q 1.88	Q 1.88
TOTAL COSTOS VARIABLES				Q 4.72
COSTOS TOTALES (CT= CF+ CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto de Galleta de macadamia				Q77.66

En la tabla se observa el costo total para la elaboración de un lote de 50 galletas a base de macadamia, los costos de producción para la formulación dos, la cual obtiene macadamia de primera variedad 660 en la elaboración. Los cálculos arrojaron que el costo total de producción del lote de galletas es de 77.66 quetzales, y el precio total por unidad es de 1.55 quetzales. Siendo un precio accesible para los compradores.

El costo total de producción para elaborar un lote de 50 galletas a base de macadamia para la formulación tres se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 19. Costos de Producción galletas de macadamia Formulación Tres.

Costos Fijos					
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVESTIGACIÓN /subproducto	
COSTOS FIJOS					
1. MANO DE OBRA					Q11.93
1.2. Preparación de la galleta	Jornal	0.14	Q 85.20	11.93	
2. INSUMOS					Q55.01
2.1. kernel (macadamia de primera)	Kilogramos	0.25	Q 15.20	3.80	
2.2. Sal	Kilogramos	0.015	Q 1.50	0.02	
2.3. Harina	Kilogramos	0.2	Q 5.00	1.00	
2.4. Polvo para hornear	Kilogramos	0.015	Q 7.00	0.11	
2.5. Mantequilla	Kilogramos	0.4	Q 20.50	8.20	
2.6. Miel	Kilogramos	0.015	Q 30.00	0.45	
2.6. Azúcar	Kilogramos	0.35	Q 3.52	1.23	
2.7. Huevos	Unidad	2	Q 2.00	4.00	
2.8. Papel mantequilla	Unidad	1	Q 35.00	35.00	
2.9. Empaque de galletas	Unidad	1	Q 1.20	1.20	
TOTAL COSTOS FIJOS					Q66.94
COSTOS VARIABLES					
1. COSTO DE SUBPRODUCTO GALLETA					
1.1. Batidora industrial (50 galletas)		1	Q 2.84	Q	2.84
1.2. Charolas para hornear		1	Q 0.14	Q	0.14
1.3. Rodillo		1	Q 0.56	Q	0.56
1.4. Ras pas		1	Q 0.21	Q	0.21
1.5. Tamiz		1	Q 0.83	Q	0.83
1.6. Maquinaria Horno industrial (50 galletas)		1	Q 1.88	Q	1.88
TOTAL COSTOS VARIABLES					Q4.72
COSTOS TOTALES (CT= CF+ CV)					
COSTOS TOTALES: Subproducto de Galleta de macadamia					Q71.66

En la tabla se observa el costo total para la elaboración de una galleta a base de macadamia, la cual obtiene macadamia de segunda variedad 660, en la elaboración de esta formulación, los cálculos arrojaron que el costo total de producción del lote de 50 galletas es de 71.66 quetzales, y el costo por unidad es de 1.43 quetzales.

En la formulación uno, el costo total es de 71.21 quetzales por lote de 50 galletas, lo que resulta en un costo unitario de 1.42 quetzales. Este precio se debe a la utilización de una cantidad sustancial de macadamia de primera calidad, específicamente 200 gramos.

En la formulación dos, el costo total asciende a 77.66 quetzales por lote, con un costo unitario de 1.55 quetzales. Este incremento en el costo se atribuye al uso de 250 gramos de macadamia de primera variedad 660, junto con miel y extracto de vainilla.

Al analizar los costos de las tres formulaciones, se observa que la diferencia monetaria entre ellas es de centavos. Esta mínima variación subraya la eficiencia en la producción de galletas de macadamia, indicando que, a pesar de la calidad y preferencia superiores de la formulación dos, los costos adicionales son relativamente bajos. En conjunto, este análisis sugiere que la formulación dos no solo destaca en términos de aceptabilidad, sino que también presenta una ventaja competitiva en cuanto a costos, haciendo de esta opción una elección favorable para la producción de galletas de macadamia.

3.3. Costos de producción aceite

Se calcularon los costos de producción para la extracción de aceite utilizando dos calidades diferentes (primera y segunda calidad) de las variedades 508 y 660

En la siguiente tabla se puede apreciar el costo total de producción de 555 ml/kg de macadamia para la formulación uno.

Tabla 20. Costo de producción aceite de macadamia Primera calidad variedad 508.

COSTOS DE EVALUACIÓN DE LA FORMULACIÓN 1				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL INVESTIGACIÓN /subproductco
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preperación del aceite	Jornal	0.14	85.20	11.93
2. INSUMOS				
2.1. kernel (macadamia)	Kilogramos	1	15.20	15.20
TOTAL COSTOS FIJOS				Q27.13
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO ACEITE DE MACADAMIA				
1.1 Extractor de aceite (días de uso)	Unidad	1	Q 2.88	Q 2.88
1.2. Colador de tela		2	Q 0.75	Q 1.50
1.2. Balanza analítica (días de uso)	Unidad	1	Q 0.29	Q 0.29
TOTAL COSTOS VARIABLES				Q3.17
COSTOS TOTALES (CT = CF + CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto aceite a base de macadamia				Q30.30

En la tabla se muestra los costos totales de la formulación uno para la elaboración del aceite de macadamia, donde se utilizó macadamia de primera de la variedad 508, el costo total para este subproducto es de 30.30 quetzales teniendo un rendimiento de 555 ml/kg el medio litro de la extracción de aceite/kilo de macadamia.

Se observa en la siguiente tabla el costo total de producción de 575 ml/kg de macadamia para la formulación dos.

Tabla 21. Costos de producción de aceite a base de macadamia Segunda calidad variedad 660

Costos fijos formulación dos				
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, INVESTIGACIÓN /subproducto
COSTOS FIJOS				
1. MANO DE OBRA				Q11.93
1.2. Preparación del aceite	Jornal	0.14	85.20	11.93
2. INSUMOS				Q8.80
2.1. kernel (macadamia)	Kilogramos	1	8.80	8.80
TOTAL, COSTOS FIJOS				Q20.73
COSTOS VARIABLES				
1. COSTO DE SUBPRODUCTO ACEITE DE MACADAMIA				
1.1 Extractor de aceite (días de uso)	unidad	1	Q 2.88	Q 2.88
1.2. Colador de tela	unidad	2	Q 1.50	Q 1.50
1.3. Balanza analítica (días de uso)	unidad	1	Q 2.29	Q 2.29
TOTAL COSTOS VARIABLES				Q3.17
COSTOS TOTALES (CT = CF + CV)				
COSTOS TOTALES: Subproducto aceite a base de macadamia				Q23.90

Los costos totales para la elaboración de la formulación dos, para realizar el proceso de aceite de macadamia, se utilizaron macadamia de segunda (660), el costo total para realizar la extracción es de 23.90 quetzales por 575 ml/kl de macadamia

En la formulación uno el costo total es de 30.30 por 555/kl de aceite: En esta formulación, se utilizó macadamia de primera calidad. Esto contribuye a un mayor costo por 555 ml/kl. Formulación dos el costo total fue de 23.90 quetzales por 575 ml/kl. En esta formulación, se optó por utilizar macadamia de segunda calidad. Esto reduce los costos en comparación con la formulación uno. La elección de ingredientes menos costosos resulta en un costo menor por frasco. La calidad de los ingredientes desempeña un papel importante en la calidad del aceite y, por lo tanto, en el precio.

Según (Lingua, s.f), el precio de frasco de 55 mililitros de macadamia tiende a tener un precio de Q55.00.



Figura 29. Aceite de macadamia establecido en el mercado.

Al contrastar el costo de la segunda formulación, la cual fue bien recibida en el análisis oleico y tiene un precio de 23.90 quetzales, con otras opciones en el mercado, se observa una notable diferencia. En comparación, con el frasco de 55 ml de aceite de macadamia. La formulación elaborada en finca Panamá se presenta como una alternativa económicamente accesible y aceptable para la población local.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis en el cultivo de macadamia de las variedades 508 y la variedad 660, en donde se determinó que la variedad 508 obtuvo un total de 71% macadamia de primera calidad y 29% de segunda calidad, la variedad 660 obtuvo un total del 67% de macadamia de primera y 33% de segunda calidad, siendo la variedad 508 la que predominó con macadamia de primera calidad.
2. Las calidades de la variedad 508 y 660 de macadamia. La variedad 508 exhibe un 74% de primera calidad y un 26% de segunda calidad, superando a la 660 que tiene un 67% de primera calidad y un 33% de segunda calidad.
3. La variedad 508 de segunda calidad presentó menor incidencia de daños, mayor rendimiento del kernel, donde supera en presencia de insectos, moho, kernel viejo y nueces germinadas.
4. Se determinó que la formulación dos de la bebida vegetal (109 gr y con extracto de vainilla) obtuvo una mayor aceptación en todos los atributos evaluados, superando a las otras formulaciones, ya que al tener vainilla el sabor no fue insípido y le dio una tonalidad aroma y atractivo.
5. La determinación de la formulación óptima para la galleta elaborada base de kernel de macadamia, basándose en el análisis organoléptica, la formulación dos del subproducto de galletas (200 gramos de macadamia, miel y vainilla de la variedad 660 de primera calidad) fue la más apreciada por los panelistas en términos de aroma, consistencia y apariencia. Esto debido a la conjugación de los ingredientes.
6. La variedad 660 de macadamia obtuvo un volumen de 575 ml/kg de aceite de macadamia, debido a que la formulación dos, presentaba mayor cantidad de aceite dentro de las nueces de macadamia.
7. La determinación del costo de producción de la bebida vegetal es de Q19.49 por litro, el cual equilibra eficientemente con la calidad
8. El costo de la segunda formulación de galletas es de Q77.66 por un lote de 50 galletas, resultando en un costo unitario de Q1.55 por galleta, lo que lo hace accesible para los consumidores.
9. Se determinó que el costo total de producción en la extracción de aceite de kernel de macadamia es de Q23.90 por 575ml/kg de macadamia, este costo se equilibra eficientemente con la calidad del aceite y con otras opciones en el mercado.

IX.RECOMENDACIONES

1. Se sugiere darle seguimiento al monitoreo de los estándares de calidad de las diferentes variedades establecidas en finca Panamá, S.A. debido al rendimiento encontrado de las variedades 508 y 660, realizando pruebas de laboratorio y buscando nuevos métodos para el proceso de mejora.
2. Es conveniente evaluar los componentes nutricionales y proteínicos, como vitaminas, minerales y proteínas de la bebida vegetal de la formulación dos para garantizar la calidad del subproducto.
3. Determinar la composición de las galletas de la formulación dos en lo que respecta a nivel de vitaminas.
4. Evaluar una formulación de materia prima en seco al 2% y una formulación de materia con porcentaje de humedad para realizar la extracción de aceite y evaluar su rendimiento.
5. Se debe utilizar los residuos obtenidos en las diferentes preparaciones de bebida vegetal y galletas con el fin de elaborar productos alternativos de alto valor nutritivo.

X. REFERENCIAS

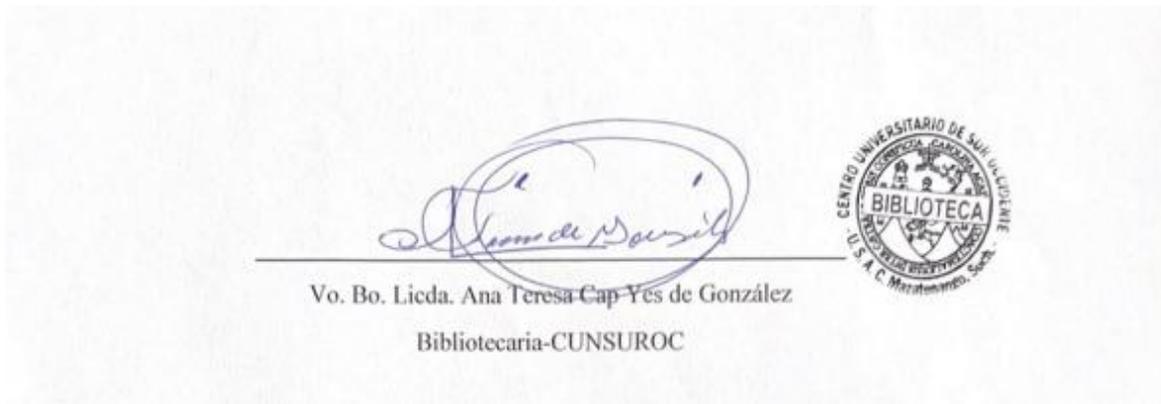
- Ainia. (s.f). *Paneles de catadores*. <https://www.ainia.es/ainia-news/los-paneles-de-catadores-expertos-una-herramienta-clave-en-el-desarrollo-de-productos/#:~:text=El%20panel%20de%20catadores%20es,para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20productos>.
- Brokaw. (s.f). *Viveros Brokaw España, macadamia*. <https://www.viverosbrokaw.com/productos/macadamia/>
- De León, J. (2018). *Estudio de los Thrips Frankliniella occidentalis Pergande Asociados a nuez de "macadamia" Macadamia integrifolia Mueller en finca Monte de Oro Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala*: [Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos De Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6822/1/Tesis%20Jose%20Luis.pdf>
- Del Valle, A., Estrada, A., & de los Ángeles, M. (2016). *Determinación de la Aceptabilidad de Galletas para niños en edad escolar Elaboradas a Partir de Harina de Semilla de Pan Artocarpus Altilis, San Lorenzo, Suchitepéquez*: [Informe Final de Investigación y Desarrollo. Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2008-089.pdf>
- Eroski. (s.f). *Consumer*. <https://www.consumer.es/alimentacion/las-bebidas-vegetales.html>
- FAROS. (2021). *Faros Sant Joan de Déu*. [https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/leche-bebidas-vegetales-contienen-mismos-nutrientes#:~:text=Las%20bebidas%20vegetales%20incluyen%20una,%20y%20tu b%C3%A9rculos%20\(horchata\)](https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/leche-bebidas-vegetales-contienen-mismos-nutrientes#:~:text=Las%20bebidas%20vegetales%20incluyen%20una,%20y%20tu b%C3%A9rculos%20(horchata)).
- González, M. R. (2014). *Efecto de cuatro concentraciones de micorriza (glomus intraradices) en almácigos de portainjertos, en el cultivo de macadamia; en el Palmar, Quetzaltenango*. [Tesis de grado Facultad de Ciencias Ambientales y

- Agrícolas, Universidad Rafael Landívar].
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Gonzalez-Manfredo.pdf>
- Insaurrable, A. (2018). *Investigación ayuda a mejorar producción industrial de la macadamia*. <https://cienciasdelsur.com/2018/01/25/investigacion-produccion-macadamia/>
- JUCN. (2019). *Naturalista, Nuez de Macadamia Macadamia integrifolia*. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/287245-Macadamia-integrifolia>
- MAG. (s.f). *Aspectos Técnicos sobre Cuarentena y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658macadamia.pdf>
- Mapel, L. (2016). *Caracterización física y química de la nuez y el aceite de variedades e híbridos de Macadamia integrifolia y macadamia tetraphylla cultivadas en Coatepec, Veracruz*. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46774/MapelVelazcoLaura.pdf?sequence=2>
- Maquinaria utilizada en industria láctea, (s.f). *Wordpres*. <https://industriadelacteosblog.wordpress.com/maquinas/eko-milk/>
- Merchan, R. (2019). *Estudio rápido de mercado y análisis de la cadena de valor para la nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, Departamento de San Marcos*. <https://es.scribd.com/document/453839580/Estudio-Rapido-Mercado-Nuez-Macadamia#>
- ORIVA. (s.f). *Oriva Interprofesional del aceite de Orujo de Oliva*. <https://oriva.es/acido-oleico-aceites/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20%C3%A1cido%20oleico,9%20hay%20un%20doble%20enlace.>
- Reyes, M. y Lavín, A. (s.f). *Macadamia "Macadamia tetraphylla L"*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7849/NR40208.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Simmons, C.S., Tárano T., J.M. y Pinto Z., J.H. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Trad. Pedro Tirado-Sulsona. Edit. José de Pineda Ibarra.

Vidal Lozano, C. V. (2008). *Control interno aplicable a la ejecución de proyectos de inversión de una empresa agrícola dedicada a la exportación de nuez de macadamia*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3220.pdf

Xiloj, E. O. (2022). *Diagnóstico del cultivo de macadamia intergrifolia "macadamia" en finca Panamá Agropecuaria Atitlán S.A. Santa Barbará, Guatemala*: [Informe de EPS Agronomía Tropical] USAC. CUNSUROC.



XI.ANEXOS



FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE NIVEL DE ACEPTACIÓN ESCALA HEDÓNICA

PRODUCTO: BEBIDA VEGETAL A BASE DE MACADAMIA

Pruebe por favor la muestra que se proporciona e indique su nivel de agrado en cuanto a los atributos presentados de acuerdo a la siguiente escala:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 8: me gusta muchísimo | 4: no me gusta ni me disgusta |
| 7: me gusta mucho | 3: me disgusta moderadamente |
| 6: me gusta moderadamente | 2: me disgusta mucho |
| 5: me gusta poco | 1: me disgusta muchísimo |

Muestra: M. X. A

	CALIFICACIÓN							
PARAMETROS	8	7	6	5	4	3	2	1
Color								
Aroma								
Sabor								

Muestra: M.X.B

	CALIFICACIÓN							
PARAMETROS	8	7	6	5	4	3	2	1
Color								
Aroma								
Sabor								

Muestra: M.X.C

	CALIFICACIÓN							
PARAMETROS	8	7	6	5	4	3	2	1
Color								
Aroma								
Sabor								

Comentarios:

Figura 30. Ficha sensorial subproducto bebida vegetal.



Boleta de evaluación sensorial

Prueba de nivel de aceptación escala hedónica

Producto: Galletas de macadamia

Pruebe por favor la muestra que se proporciona e indique su nivel de agrado en cuanto a los atributos presentados de acuerdo a la siguiente escala:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 8: me gusta muchísimo | 4: no me gusta ni me disgusta |
| 7: me gusta mucho | 3: me disgusta moderadamente |
| 6: me gusta moderadamente | 2: me disgusta mucho |
| 5: me gusta poco | 1: me disgusta muchísimo |

Muestra: M. X. A

PARAMETROS	CALIFICACION								
	8	7	6	5	4	3	2	1	
Apariencia									
Aroma									
Sabor									
Consistencia									

Muestra: M.X.B

PARAMETROS	CALIFICACION								
	8	7	6	5	4	3	2	1	
Apariencia									
Aroma									
Sabor									
Consistencia									

Muestra: M.X.C

PARAMETROS	CALIFICACION								
	8	7	6	5	4	3	2	1	
Apariencia									
Aroma									
Sabor									
Consistencia									

Comentarios: _____

Figura 31. Ficha sensorial subproducto galleta a base de macadamia.

TRAR	BLOQUE	COLOR	SABOR	AROMA
M.X.3	1	6	6	5
M.X.3	2	4	7	4
M.X.3	3	5	5	5
M.X.3	4	4	5	8
M.X.3	5	5	4	6
M.X.3	6	4	6	4
M.X.3	7	5	5	5
M.X.3	8	6	6	5
M.X.3	8	4	5	4
M.X.3	10	5	4	6
M.X.3	11	7	5	5
M.X.3	12	6	5	5
M.X.3	13	4	4	4
M.X.3	14	6	5	6
M.X.3	15	4	5	5
M.X.6	1	5	4	4
M.X.6	2	6	5	6
M.X.6	3	5	4	4
M.X.6	4	7	5	6
M.X.6	5	5	4	5
M.X.6	6	4	4	5
M.X.6	7	5	6	4
M.X.6	8	6	6	5
M.X.6	9	7	5	6
M.X.6	10	5	5	7
M.X.6	11	4	6	4
M.X.6	12	6	4	6
M.X.6	13	6	5	5
M.X.6	14	7	5	6
M.X.6	15	6	6	4
M.X.9	1	4	2	5
M.X.9	2	5	5	4
M.X.9	3	6	5	5
M.X.9	4	4	6	4
M.X.9	5	6	4	4
M.X.9	6	4	5	6
M.X.9	7	5	5	5
M.X.9	8	6	4	5
M.X.9	9	4	5	6
M.X.9	10	6	5	7
M.X.9	11	5	4	5
M.X.9	12	6	5	6
M.X.9	13	5	6	5
M.X.9	14	4	4	3
M.X.9	15	6	4	6

Figura 32. Datos del análisis sensorial bebida vegetal (prueba piloto).

Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza (prueba piloto) color.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	8.28	14	0.59	0.55	0.8816
TRAR	3.28	2	1.64	1.52	0.2360
Error	30.22	28	1.08		
Total	41.78	44			

Tabla 23. Análisis de la varianza (prueba piloto) aroma.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	16.36	14	1.17	1.17	0.3468
TRAR	0.17	2	0.09	0.09	0.9166
Error	27.91	28	1.00		
Total	44.44	44			

Tabla 24. Análisis de la varianza (prueba piloto) sabor.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	9.03	14	0.64	0.77	0.6863
TRAR	2.10	2	1.05	1.26	0.2989
Error	23.32	28	0.83		
Total	34.44	44			

TRATA	BLOQUE	COLOR	AROMA	SABOR
M.X.A.	1	7	8	7
M.X.A.	2	6	5	6
M.X.A.	3	8	6	8
M.X.A.	4	8	7	8
M.X.A.	5	5	5	6
M.X.A.	6	8	6	8
M.X.A.	7	8	6	7
M.X.A.	8	6	5	6
M.X.A.	9	8	8	6
M.X.A.	10	8	6	8
M.X.A.	11	6	4	7
M.X.A.	12	9	6	5
M.X.A.	13	7	5	5
M.X.A.	14	4	7	4
M.X.A.	15	8	6	6
M.X.A.	16	6	4	4
M.X.A.	17	8	8	7
M.X.A.	18	6	4	5
M.X.A.	19	8	5	5
M.X.A.	20	8	4	6
M.X.A.	21	5	4	7
M.X.A.	22	6	5	4
M.X.A.	23	7	6	5
M.X.A.	24	7	4	7
M.X.A.	25	6	5	6
M.X.A.	26	7	6	4
M.X.A.	27	6	5	5
M.X.A.	28	8	4	4
M.X.A.	29	7	5	6
M.X.A.	30	8	4	3

M.X.B.	1	8	6	7
M.X.B.	2	7	8	6
M.X.B.	3	9	4	8
M.X.B.	4	8	8	8
M.X.B.	5	7	4	6
M.X.B.	6	8	7	8
M.X.B.	7	8	4	7
M.X.B.	8	7	6	8
M.X.B.	9	8	6	7
M.X.B.	10	8	5	8
M.X.B.	11	8	7	7
M.X.B.	12	7	5	7
M.X.B.	13	6	5	8
M.X.B.	14	6	4	8
M.X.B.	15	8	6	6
M.X.B.	16	6	4	7
M.X.B.	17	8	6	6
M.X.B.	18	7	5	8
M.X.B.	19	8	4	6
M.X.B.	20	5	5	7
M.X.B.	21	5	5	8
M.X.B.	22	6	7	5
M.X.B.	23	7	5	5
M.X.B.	24	6	6	7
M.X.B.	25	7	4	7
M.X.B.	26	5	6	6
M.X.B.	27	5	6	5
M.X.B.	28	6	5	7
M.X.B.	29	5	7	6
M.X.B.	30	6	5	6
M.X.C.	1	7	7	5
M.X.C.	2	7	5	5
M.X.C.	3	7	7	6
M.X.C.	4	8	8	8
M.X.C.	5	7	4	4
M.X.C.	6	6	5	6
M.X.C.	7	8	4	6
M.X.C.	8	6	6	5
M.X.C.	9	8	5	5
M.X.C.	10	8	6	7
M.X.C.	11	5	5	4
M.X.C.	12	6	5	6
M.X.C.	13	7	5	5
M.X.C.	14	6	4	6
M.X.C.	15	4	5	5
M.X.C.	16	6	5	5
M.X.C.	17	4	8	7
M.X.C.	18	6	6	4
M.X.C.	19	7	6	4
M.X.C.	20	5	6	6
M.X.C.	21	5	5	4
M.X.C.	22	6	6	6
M.X.C.	23	7	6	5
M.X.C.	24	6	7	6
M.X.C.	25	6	6	5
M.X.C.	26	5	6	5
M.X.C.	27	4	5	4
M.X.C.	28	6	4	6
M.X.C.	29	7	4	5
M.X.C.	30	5	5	6

Figura 33. Datos del Análisis sensorial (formulación final).

Tabla 25. Análisis de la varianza Color.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATA	11.02	2	5.51	5.74	0.0053
BLOQUE	65.66	29	2.26	2.36	0.0027
Error	55.64	58	0.96		
Total	132.32	89			

Tabla 26. Prueba de tukey Color.

TRATA	Medias	Significancia	
M.X.A.	6.97	A	
M.X.B.	6.83	A	
M.X.C.	6.17		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 27. Análisis de la varianza Aroma.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATA	0.16	2	0.08	0.07	0.9305
BLOQUE	59.82	29	2.06	1.91	0.0179
Error	62.51	58	1.08		
Total	122.49	89			

Tabla 28. Análisis de varianza Sabor.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATA	33.69	2	16.84	18.68	<0.0001
BLOQUE	60.99	29	2.10	2.33	0.0031
Error	52.31	58	0.90		
Total	146.99	89			

Tabla 29. Tabla de media Tukey Sabor.

TRATA	Medias	Significancia	
M.X.B.	6.83	A	
M.X.A.	5.83		B
M.X.C.	5.37		B

TRAT	BLOQUE	APARIENCIA	SABOR	CONSISTENCIA	AROMA
MX.6.	1	5	4	6	7
MX.6.	2	6	6	5	6
MX.6.	3	5	5	4	4
MX.6.	4	5	5	4	4
MX.6.	5	6	6	5	3
MX.6.	6	4	6	4	4
MX.6.	7	6	4	6	4
MX.6.	8	5	4	4	5
MX.6.	9	5	5	5	5
MX.6.	10	5	4	4	5
MX.6.	11	6	4	4	4
MX.6.	12	4	5	5	6
MX.6.	13	4	6	6	5
MX.6.	14	5	4	6	5
MX.6.	15	4	5	6	6
MX.9.	1	5	6	5	5
MX.9.	2	5	4	6	5
MX.9.	3	4	5	5	6
MX.9.	4	4	4	6	5
MX.9.	5	5	4	4	6
MX.9.	6	6	6	4	5
MX.9.	7	4	4	6	4
MX.9.	8	5	4	5	5
MX.9.	9	5	4	6	6
MX.9.	10	6	6	6	5
MX.9.	11	5	5	6	5
MX.9.	12	6	5	6	6
MX.9.	13	4	6	4	5
MX.9.	14	5	5	5	6
MX.9.	15	5	4	5	5
MX.12.	1	6	5	6	6
MX.12.	2	5	5	6	6
MX.12.	3	4	6	5	5
MX.12.	4	7	6	5	5
MX.12.	5	5	5	5	6
MX.12.	6	6	7	6	5
MX.12.	7	6	5	6	5
MX.12.	8	5	4	4	5
MX.12.	9	7	6	7	7
MX.12.	10	6	4	4	6
MX.12.	11	4	6	5	4
MX.12.	12	6	5	6	4
MX.12.	13	7	8	4	5
MX.12.	14	6	6	6	6
MX.12.	15	6	5	4	5

Figura 34. Datos del análisis sensorial (prueba piloto).

Tabla 30. Análisis de la varianza (prueba piloto) Apariencia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	5.91	2	2.96	3.53	0.0428
BLOQUE	4.44	14	0.32	0.38	0.9701
Error	23.42	28	0.84		
Total	33.78	44			

Tabla 31. Análisis de varianza (prueba piloto) Sabor.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	4.93	2	2.47	4.05	0.0286
BLOQUE	18.80	14	1.34	2.20	0.0366
Error	17.07	28	0.61		
<u>Total</u>	<u>40.80</u>	<u>44</u>			

Tabla 32. Prueba de medias Tukey Sabor.

TRAT	Medias	Significancia	
M.X.9.	5.53	A	
M.X.12.	4.87		B
M.X.6.	4.80		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70538

Error: 0.6095 gl: 28

Tabla 33. Análisis de varianza (prueba piloto) Consistencia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	1.11	2	0.56	0.80	0.4613
BLOQUE	13.24	14	0.95	1.35	0.2391
Error	19.56	28	0.70		
Total	33.91	44			

Tabla 34. Análisis de la varianza (prueba piloto) Aroma.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	1.91	2	0.96	1.48	0.2451
BLOQUE	11.91	14	0.85	1.32	0.2587
Error	18.09	28	0.65		
Total	31.91	44			

Tabla 35. Análisis de la varianza (formulación final) Apariencia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	91.88	31	2.96	1.68	0.0448
TRAT	42.76	2	21.38	12.09	<0.0001
BLOQUE	49.12	29	1.69	0.96	0.5387
Error	102.58	58	1.77		
Total	194.46	89			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82592

Error: 1.7686 gl: 58.

Tabla 36. Prueba de medias Tukey Apariencia.

Tratamientos	Medias	Significancia	
M.X.B.	8.43	A	
M.X.C.	7.37		B
M.X.A.	6.77		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 37. Análisis de la Varianza (formulación final) Sabor

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	93.41	31	3.01	1.88	0.0191
TRAT	48.96	2	24.48	15.26	<0.0001
BLOQUE	44.46	29	1.53	0.96	0.5415
Error	93.04	58	1.60		
Total	186.46	89			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.78661

Error: 1.6042 gl: 58

Tabla 38. Prueba de medias Tukey Sabor.

Tratamientos	Medias	Significancia	
M.X.B.	8.33	A	
M.X.C.	7.57	A	
M.X.A.	6.53		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 39. Análisis de la Varianza (formulación final) Consistencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	45.00	2	22.50	15.60	<0.0001
BLOQUE	47.73	29	1.65	1.14	0.3276
Error	83.67	58	1.44		
Total	176.40	89			

Tabla 40. Prueba de medias Tukey Consistencia.

Trat	Medias	Significancia	
M.X.C.	8.03	A	
M.X.B.	8.03	A	
M.X.A.	6.53		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.74591

Error: 1.4425 gl: 58.

Tabla 41. Análisis de la Varianza (formulación final) Aroma

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	40.07	2	20.03	12.73	<0.0001
BLOQUE	39.17	29	1.35	0.86	0.6672
Error	91.27	58	1.57		
Total	170.50	89			

Tabla 42. Prueba de medias Tukey Aroma.

Trata	Medias	Significancia	
M.X.B.	8.33	A	
M.X.C.	7.47		B
M.X.A.	6.70		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77906

Error: 1.5736 gl: 58



Figura 35. Analisis a la bebida vegetal con Ekomilk

ANÁLISIS: GRADO DE ACIDEZ (% Ácido Oleico)
 FECHA DE RECEPCIÓN: 28 - 09 - 23
 FECHA DE ENTREGA: 03 - 10 - 23
 CÓDIGO: 1209 / 1210

ANALISIS FISICOQUIMICO EN ACEITE

CÓDIGO	TIPO DE ACEITE	GRADO DE ACIDEZ (% Ácido Oleico)
1209	ACEITE DE NUEZ DE MACADAMIA (MUESTRA A)	0.14
1210	ACEITE DE NUEZ DE MACADAMIA (MUESTRA B)	0.17

Metodología: UNE-EN 660:2010 Aceites y Grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de Acidez y Grado de la Acidez (ISO 660:2010)

Figura 36. Resultados del análisis fisicoquímico en aceite de macadamia



Figura 37. Clasificación de concha de macadamia.



Figura 38. Proceso de formulación (prueba piloto).



Figura 39. Colado de la bebida vegetal (prueba piloto).



Figura 40. Formulaciones de la prueba piloto.



Figura 41. Formulación de galletas (prueba piloto).



Figura 42. Formulación dos (prueba piloto).



Figura 43. Formulación final.



Figura 44. Proceso de formulaciones finales realizada en finca Panamá.



Figura 45. Extractor de aceite



Figura 46. Resultado de extracción de aceite



Figura 47. Trituración de la nuez de macadamia para el proceso de la bebida vegetal



Figura 48. Catación de la formulación final de galletas CUNSUROC



Mazatenango, Suchitepéquez marzo de 2024

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario del Suroccidente
Universidad San Carlos de Guatemala

Respetable Doctor Otzoy:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el trabajo de Graduación titulado "Formulación de subproductos del cultivo de *Macadamia integrifolia* "macadamia" *Proteaceae* en finca Panamá, municipio de Santa Bárbara, Suchitepéquez". Presentado por la estudiante Josselin Gabriela Guadalupe Mejia Tay quien se identifica con el número de carné 201747603 de la carrera de Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que la estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Inga. Agra. Maria Clarisa Rodriguez
Profesora asesora y supervisora



Oficio CAT-TG-006-2022

Mazatenango, 19 de abril de 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López
 Director en Funciones
 Centro Universitario de Suroccidente
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Sr. Director:

Con fundamento en el normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante T.P.A. **Josselin Gabriela Guadalupe Mejía Tay, Carné: 201747603**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Formulación de subproductos a base de kernel de *Macadamia integrifolia* "macadamia" Protaceae en finca Panamá S.A, Santa Bárbara, Suchitepéquez**, el cuál fue asesorado por la Inga. Agra. Maria Clarisa Rodriguez González, lo que se evidencia con la nota adjunta que he revisado previamente.

Como coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A Mejía Tay, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente para su graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima.

Deferentemente.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

Dr. Mynor Raul Otzoy Rosales

Coordinador de Carrera





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

CUNSUROC/USAC-I-080-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veintinueve de julio de dos mil veinticuatro

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "FORMULACIÓN DE SUBPRODUCTOS A BASE DE KERNEL DE *Macadamia integrifolia* "macadamia" *Proteaceae* EN FINCA PANAMÁ, SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ " de la estudiante: Josselin Gabriela Guadalupe Mejía Tay. Carné: 2011747603 CUI: 3226 10931 1001 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris