



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TITULO

Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua.

AUTORES

Br. Xiomara Lisseth Arvizú Aráuz.
Br. Karen Judith Monzón Castillo.
Br. Elba Marcela Madariaga Vanegas.

TUTORA

Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro

Estelí, Octubre 2019

Dedicatoria

A Dios por nunca faltarnos y ser luz en nuestra vida, también por permitirnos alcanzar una meta más.

A nuestros padres, quienes se han esforzado por brindarnos lo mejor y ser nuestra compañía fiel en todo este proceso.

Agradecimiento

A nuestros docentes, familiares y amigos por el apoyo durante nuestros años de estudios en la UNI.

A nuestra tutora Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro, por brindarnos ayuda incondicional y compartir con nosotras sus conocimientos, por su apoyo y dedicación en el transcurso de esta investigación.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica de la harina de sorgo como sustituto parcial de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua. Esta idea surgió como una alternativa para dar valor agregado al sorgo tomando en cuenta la producción existente; además de proporcionar un producto que conserve las características organolépticas y que a su vez aporte beneficios a la salud al consumir galletas con bajo contenido de gluten y grasas.

La ejecución de este estudio constó de varias etapas. Entre ellas estuvo el determinar la disponibilidad de la materia prima, la elaboración de harina de sorgo, caracterizar la materia prima en términos físico – químicos. Asimismo, se elaboraron las galletas con los distintos niveles de inclusión (15%, 20%, 25% de harina de sorgo y muestra testigo con 100% harina de trigo) lo que permitió identificar la aceptación de los consumidores de la harina de sorgo en la elaboración de galletas, a través de un panel sensorial, que determinó las características organolépticas de los distintos tratamientos. De esta etapa se observó que las galletas cuentan con los parámetros de calidad aceptables por los consumidores y no causan efectos negativos en el producto final.

Para determinar los costos de producción y la inversión necesaria para este estudio se realizó la consulta sobre los costos de materiales necesarios para llevar a cabo el proceso productivo de la elaboración de harina de sorgo, posteriormente se calculó el costo unitario de producción, siendo este de C\$ 17.29 por libra, un precio similar en relación al precio comercial de harina de trigo C\$17.

A partir de este análisis se concluye, que esta alternativa de aprovechamiento del sorgo, contribuye no sólo a darle valor agregado, sino también que puede ser utilizada en la elaboración de galletas.

Contenido

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Justificación	6
IV. Objetivos	8
4.1 Objetivo General	8
4.2 Objetivos específicos	8
V. Marco Teórico	9
5.1 Cereales	9
5.1.1 Composición química de las diferentes partes del grano de cereal	9
5.1.2 Valor Nutritivo	10
5.2 Trigo	11
5.2.1 Clasificación del trigo	11
5.2.2 El trigo y la calidad panadera de las harinas	11
5.2.3 Características del trigo usado en la producción de galletas	12
5.3 Sorgo	12
5.3.1 Ventajas del uso de sorgo en la salud humana	12
5.3.2 Composición química del sorgo	12
5.3.3 Formas de procesamiento de sorgo	13
5.3.4 Parámetros de proceso para la producción de harina de sorgo.	14
5.4 Galletas	15
5.4.1 Criterios de calidad de las harinas a ser utilizadas en la producción de galletas	15
5.4.2 Procesamiento de galletas	16
5.4.3 Principales ingredientes para la elaboración de galletas	19
5.4.4 Tipos de galletas	22
VI. Hipótesis	24
VII. Diseño metodológico	24
7.1 Ubicación del estudio	24
7.2 Tipo de investigación	25

7.3 Análisis físico de harina de sorgo	25
7.3.1 Definición de las Variables medidas en la elaboración de harina de sorgo	26
7.3.2 Descripción de tratamientos.	26
7.4 Análisis sensorial	29
7.5 Análisis estadístico	30
7.6 Actividades por objetivos	30
VIII. Análisis y discusión de resultados	32
8.1 Determinación de la disponibilidad de la materia prima	32
8.2 Proceso productivo para la elaboración de harina de sorgo	34
8.2.1 Diagrama de flujo para la producción de harina de sorgo	35
8.2.2 Balance de materia de harina de sorgo	36
8.2.3 Porcentaje de rendimiento de la harina de sorgo	37
8.2.4 Descripción de diagrama de proceso de harina de sorgo	37
8.3 Análisis físico de harina de sorgo	38
8.3.1 Análisis Granulométrico	38
8.3.2 Porcentaje de humedad y materia seca	40
8.3.3 Contenido de cenizas	42
8.4 Análisis químico de la harina de sorgo	43
8.4.1 Capacidad de retención de agua y aceite de la harina de sorgo	43
7.5 Resultado de análisis de harina de sorgo	46
IX. Producción de galletas	47
9.1 Diagrama de flujo para el proceso de galleta	47
9.2 Elaboración de galletas con los distintos niveles de inclusión	48
9.2.1 Proceso de elaboración galletas	48
9.3 Análisis físico de las galletas	50
9.3.3 Grosor promedio	51
9.4 Evaluación sensorial	52
9.5 Costos de producción	58
9.5.1 Costos de producción de la harina de sorgo	60
9.5.2 Costo unitario de producción	61
X. Conclusiones	62
XI. Recomendaciones	63

XII. Bibliografía 64

Índice de Tabla

Tabla 1. Composición química de los cereales	10
Tabla 2. Composición promedio de los principales constituyentes del sorgo	13
Tabla 3. Descripción de tratamientos	26
Tabla 4. Norma de Codex para harina de trigo 152-1985	39
Tabla 5. Norma de Codex para harina de sorgo 173-1989	39
Tabla 6. Porcentaje de humedad y materia seca de la harina de sorgo	41
Tabla 7. Contenido de cenizas	43
Tabla 8. Capacidad de retención de agua	44
Tabla 9. Capacidad de retención de aceite	45
Tabla 10. Resultado de análisis de harina de sorgo	46
Tabla 11. Formulación de galletas con diferentes niveles de inclusión	48
Tabla 12. Peso promedio de las galletas	50
Tabla 13. Altura promedio de las galletas	50
Tabla 14. Grosor promedio de las galletas	51
Tabla 15. Prueba de Chi cuadrado-color	53
Tabla 16. Prueba de chi cuadrado-olor	54
Tabla 17. Prueba de chi cuadrado- crocancia	55
Tabla 18. Prueba de chi cuadrado-sabor	56
Tabla 19. Prueba de chi cuadrado-sabor residual	57
Tabla 20. Prueba de chi cuadrado-aceitosidad	58
Tabla 21. Costos de producción de harina de sorgo	60
Tabla 22. Costo unitario de producción	61
Tabla 23. Análisis Granulométrico	75
Tabla 24. Características físicas inclusión 15%	77
Tabla 25. Características físicas inclusión 20%	77
Tabla 26. Características físicas inclusión 25%	78
Tabla 27. Características físicas muestra testigo	78

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura de los granos de cereal	9
Figura 2. Ubicación geográfica de la UNI-RUACS	24
Figura 3. Panel sensorial	29
Figura 4. Panel sensorial	29
Figura 5. Galletas utilizadas en panel sensorial	29
Figura 6. Sorgo en grano	34
Figura 7. Harina de sorgo	34
Figura 8. Molino de discos	34
Figura 9. Diagrama de flujo para la producción de harina de sorgo	35
Figura 10. Balance de materia de harina de sorgo	36
Figura 11. Juego de tamices	40

Figura 12. Muestras de harina de sorgo.....	42
Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas	47
Figura 14. Mezclado en la elaboración de galletas	49
Figura 15. Elaboración de galletas	49
Figura 16. Medición de galletas utilizando calibrador de vernier	51
Figura 17. Evaluación del color de las galletas para los distintos tratamientos.....	52
Figura 18. Olor de las galletas	53
Figura. 19 Crocancia de las galletas	54
Figura 20. Sabor de las galletas.....	55
Figura 21. Sabor residual	56
Figura 22. Aceitosidad de las galletas.....	57

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento.....	37
Ecuación 2. Porcentaje de humedad.....	41
Ecuación 3. Porcentaje de materia seca	41
Ecuación 4. Porcentaje de cenizas	42
Ecuación 5. Costo primo	59
Ecuación 6. Costos de conversión	59
Ecuación 7. Costos totales	59

I. Introducción

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo el quinto cereal más importante del mundo por el volumen de producción y la superficie cultivada, considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria (Carrasco, Zamora, & Melin, 2011).

En Nicaragua, durante la segunda mitad de la década de los sesenta, el sorgo alcanza la categoría de cultivo alimenticio, siendo en la actualidad el rubro que le sigue al maíz tanto en área de siembra como en volumen de producción. Las condiciones en las que se produce este grano son marginales desde el punto de vista de clima, suelo y manejo agronómico, sin embargo, es el grano alimenticio que más se cultiva y se utiliza para consumo humano en las zonas secas de Nicaragua (Obando & Reyes, 2011).

El sorgo es rico en hierro, zinc, fibra dietética y antioxidantes, por lo cual se considera importante para el combate y prevención de enfermedades como el cáncer del colon, diabetes, anemias etc. El sorgo no contiene gluten, proteína presente en otros cereales como el trigo y el maíz y que causa alergias en algunas personas, a esta enfermedad se le conoce como enfermedad “celiaca”. Los celíacos pueden alimentarse con sorgo sin ningún problema para su salud (Laboratorio de tecnología de alimentos, 2010).

La harina de sorgo constituye un producto de bajo costo, posee buen sabor, alto valor nutritivo, proporcionando elementos esenciales para la dieta alimenticia como fibra, cenizas, algunas vitaminas B, que son integrantes del complejo B, entre otras (Obando & Reyes, 2011).

Dado el potencial nutricional del sorgo se propone realizar la presente investigación, con la cual se pretende evaluar la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, de manera que se pueda

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

brindar al consumidor una nueva formulación de galletas, con características organolépticas atractivas para el mercado.

II. Antecedentes

A continuación, se presentan los diferentes estudios relacionados a harinas que se han mostrado como potenciales sustitutos de la harina de trigo en la elaboración de galletas, realizados a nivel internacional y nacional que sirvieron como referencia para el desarrollo del presente trabajo monográfico.

Cutullé y Berruti (2012) mencionan que la sociedad adopta una alimentación poco nutritiva, ocasionada por la ingesta de alimentos altos en grasas saturadas, azúcares refinados, aditivos, conservantes (predominado el sodio) y de elevado valor calórico (Cutullé & Berruti, 2012). Esta situación predispone al desarrollo de ciertas enfermedades que surgen como consecuencia de una alimentación no saludable: obesidad, desnutrición, hipertensión arterial y enfermedades cardiovasculares entre otras. Por lo tanto, la sustitución de la harina de trigo por la combinación harina de arroz y lenteja constituye una alternativa viable por su alto valor nutritivo. Dicha combinación proporciona al organismo los aminoácidos necesarios para producir una proteína completa.

Cutullé y Berruti (2012) sugieren que el reemplazo parcial de la harina de trigo por las harinas de lenteja y arroz se pudo realizar sin inconvenientes y observaron que el producto tiene aceptación por los consumidores, lo cual permite que las Galletas sean una opción de mejor calidad nutricional para la población en general (pp. 25–31).

El (Laboratorio de tecnología de alimentos, 2010) del Salvador menciona que el sorgo o maicillo ha sido cultivado y utilizado en ese país por muchos años tanto para el consumo humano como animal. Existen variedades criollas y mejoradas que han sido utilizadas para la producción de harina y la elaboración de alimentos, obteniendo muy buenos resultados. Con harina de sorgo se pueden elaborar muchos productos alimenticios, ya sea en combinación con harinas de otros cereales (harinas compuestas); o usando harina de sorgo pura, sin mezclas. La industria de la panificación en El Salvador ya está utilizando el sorgo para la elaboración de diversos

productos tales como pan de dulce y pan francés, galletas etc. Otros usos consisten en la elaboración de bebidas étnicas tales como horchata, atoles, tistes, poleadas y como espesante para salsas (Laboratorio de tecnología de alimentos, 2010).

En Nicaragua se ha hecho un esfuerzo para realizar la implementación de la tecnología de elaboración de harina de sorgo para el uso en la industria panificadora, como una alternativa para sustituir la harina de trigo como materia prima en la elaboración de panes, disminuyendo de esta manera los costos de producción y reduciendo la importación de la materia prima (trigo), dado que este último no se produce en Nicaragua.

(Inta- Intsormil, 2009) Evidencian que el sorgo en Nicaragua, es utilizado básicamente para consumo avícola y porcino, pero como resultado de las investigaciones de los técnicos del INTA, CENTA (El Salvador) e INTSORMIL se evidencia que, en otros países como Corea, Japón, y Estados Unidos es utilizada para la elaboración de fideos, pastas, cervezas, jarabes, snack, cereales para desayuno, bebidas étnicas (tiste, horchata), atoles, etc.

En el mismo estudio el INTA expone que los sorgos mejorados producidos por esta institución, comparados con el trigo, son sorgos altos en cenizas; en la que están contenidos micro nutrientes como hierro, zinc, etc. También contiene antioxidantes, fibra cruda; la cual ayuda a digerir los alimentos y contribuye a disminuir el cáncer de colon y el fosforo; elemento vital para el cerebro y en su germen se puede encontrar vitaminas del complejo B. Recalcando que al utilizar harina de sorgo no se incrementan los ingredientes para la producción de ninguno de los tipos de panes que son consumidos por la población (p. 2).

Ramírez (2009) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, plantean la iniciativa de estudiar la factibilidad de una planta semi industrial procesadora de cereales ubicada en el municipio de El Realejo, teniendo como propósito fundamental el aprovechamiento del incremento de los alimentos básicos de calidad disponibles.

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Este estudio resulta factible al obtener como resultado que al ofrecer el producto en la localidad de El Realejo-Chinandega disminuye en costo en relación a la competencia (cereales) (Ramírez, 2009).

A partir de esta revisión de antecedentes, se observa la necesidad de indagar más en relación al tema de la sustitución de la harina de trigo por harina de sorgo, de modo que a seguir se presenta la justificación del presente estudio.

III. Justificación

El sorgo (*Sorghum bicolor*), es el quinto cereal más importante después del arroz, trigo, maíz y cebada. Constituye el principal grano alimenticio para más de 750 millones de personas que viven en los trópicos semiáridos de África, Asia y América Latina (Pérez, y otros, 2010).

El sorgo (*Sorghum spp.*) es fuente principal de energía, proteínas, vitaminas y minerales para los habitantes de las regiones más pobres del mundo. Sus propiedades nutricionales como el perfil aminoacídico de sus proteínas lo transforman en una alternativa para enriquecer alimentos que agreguen al producto propiedades funcionales y nutritivas (González, 2016).

El sorgo es especialmente resistente a condiciones áridas y al calor. Las harinas compuestas con trigo y/o cualquier otro cereal para fabricar pan y productos que contienen todos los ingredientes y aditivos dan mezclas estables y sirven para cumplir una determinada función técnica de panificación (Surco & Alvarado, 2010).

Según datos del banco central de Nicaragua las estadísticas para el ciclo 2014/2015 el cultivo del sorgo incrementó el área cosechada a 83.8 miles de manzanas (8.1%) y la producción a 2,405 miles de quintales (9.5%) (BCN, 2015). La producción de sorgo en Nicaragua ha sido de suma importancia a lo largo del tiempo, este cultivo ha permitido a las familias nicaragüenses la obtención de ingresos y asegurar la alimentación en algunos casos de las personas, también del ganado mayor y menor que poseen algunas familias del sector rural (Campos & Carranza, 2015).

La presente investigación pretende evaluar la viabilidad del uso de harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de galletas, utilizando diferentes proporciones en la formulación para poder determinar mediante pruebas sensoriales el nivel de inclusión más adecuado y por medio de éste determinar si es una buena opción en la industria panificadora. También se pretende brindar al consumidor una

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

nueva opción de galletas en el mercado que posibilite el desarrollo de un negocio competitivo.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo General

- Evaluar la factibilidad técnica del uso de la harina de sorgo blanco (sorghum bicolor) como sustituto de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L) en la producción de galletas.

4.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar la materia prima en términos de composición química.
2. Comparar los efectos de los niveles de inclusión de la harina de sorgo en la formulación de las galletas para identificar el nivel más conveniente.
3. Evaluar sensorialmente las galletas elaboradas con harina de sorgo en diferentes niveles de inclusión.

V. Marco Teórico

5.1 Cereales

Los cereales son las semillas de las gramíneas, en las que se incluyen el maíz, trigo, arroz, cebada, avena y el sorgo. Los cereales constituyen la principal fuente de energía en la dieta debido a su alto valor energético y a su bajo costo en comparación con otros alimentos, además que se cultivan con facilidad y se puede almacenar en periodos largos. Actualmente, el consumo de cereales es mayor que el de cualquier otro alimento. Se pueden consumir en su forma natural o procesado a partir de su transformación en harina. Se utilizan también como alimento para alimentación animal (ganado, cerdos, aves) (INCAP, 2005).

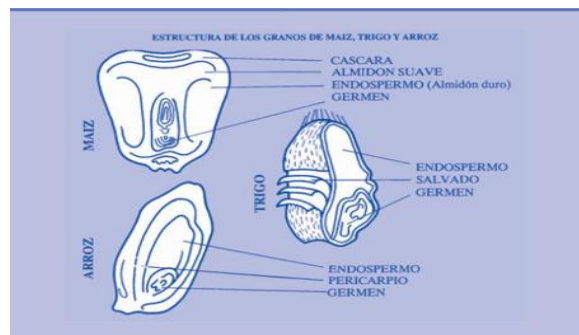


Figura 1. Estructura de los granos de cereal

El fruto de cereal es una carióspside constituido por el pericarpio y la semilla, entre las especies más conocidas están: el maíz, el arroz, el trigo, la cebada, el sorgo, la avena, el centeno y triticale (Hernandez, 2013).

5.1.1 Composición química de las diferentes partes del grano de cereal

Los granos de cereales presentan características estructurales similares entre sí, a pesar de tener una composición química diferente (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de los cereales

Parte del grano	Proteínas	Minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosa	Almidón
Pericarpio	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Germen	35-40	5-jun	15	1	25-30	20
Endospermo	ago-13	3.35-0.60	15	0.3	0.5-3	70-85
Grano entero	oct-14	1.6-2.1	1.5-2.5	2-3	5-8	60-70

Fuente: (Espinoza Silva & Quispe Solano, 2012).

Para la mayoría de los usos alimenticios se elimina la cáscara o salvado de los cereales con lo que se pierde una parte de su valor nutricional. Para elaborar la harina de trigo se elimina totalmente la cascarilla del grano, por lo que se elimina también las vitaminas del complejo B, proteínas y hierro que se encuentran en ella. Para restituir las vitaminas y los minerales que se pierden en la elaboración de harina de trigo, se adicionan nutrientes a nivel industrial como puede ser hierro entre otros, proceso que se denomina enriquecimiento (Espinoza Silva & Quispe Solano, 2012).

5.1.2 Valor Nutritivo

Aunque la forma y el tamaño de las semillas son diferente, todo el grano de cereales tiene un valor nutritivo similar. Las diferencias en el valor nutricional ocurren cuando los granos se someten a procesamiento. Los cereales aportan alrededor de 300 a 350 kilocalorías por cada 100 g, por lo que se consideran como una fuente importante de energía de la dieta (INCAP, 2005).

5.2 Trigo

5.2.1 Clasificación del trigo¹

El trigo lo podemos clasificar según distintos criterios en:

1) Harinosos o vítreos. Según la textura del endospermo.

2) Trigos fuertes o flojos. Los fuertes producen harinas para la panificación de piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido en proteínas. Los flojos solo sirven para la obtención de panes pequeños de miga gruesa, por lo general tienen un bajo contenido en proteínas.

3) Trigos duros o blandos. Los duros por su gran cantidad en gluten y las propiedades coloidales de los mismos se emplean preferentemente para la fabricación de macarrones y otras pastas alimenticias. De los blandos se extrae la harina utilizada en panificación.

4) Trigos de invierno y de primavera. Según la fecha de siembra.

5.2.2 El trigo y la calidad panadera de las harinas

La calidad panadera de una harina queda definida, básicamente, por la cantidad y la calidad de las proteínas que forman el gluten. El gluten está constituido por las proteínas glutenina y gliadina que, al combinarse con el agua, forman una red capaz de retener el dióxido de carbono (CO₂) liberado durante la fermentación. Esta calidad se determina mediante ensayos reológicos que permiten prever el comportamiento de las harinas durante el proceso de panificación y las características que tendrán los productos finales (Torpoco, 2014).

5.2.3 Características del trigo usado en la producción de galletas

El trigo común (*Triticum aestivum*) es el trigo más cultivado, también conocido como trigo para producción de pan. Generalmente tiene un contenido alto de proteínas y gluten con el endospermo teniendo textura dura o blanda. El trigo blando tiene un endospermo blando donde los granos de almidón se rompen durante el molido. Se utiliza para pan francés, galletas y harina general (YARA, 2019).

5.3 Sorgo

5.3.1 Ventajas del uso de sorgo en la salud humana.

Dentro de las ventajas para la salud humana, el grano de sorgo ofrece alto contenido en fibra insoluble, proteínas y almidón de lenta digestión, por lo que es muy ventajosa para personas con problemas de diabetes. Además, el sorgo posee ácido fólico y fitatos, que tienen un efecto positivo sobre el cáncer además de regular el incremento de las moléculas de glucosa en el torrente sanguíneo luego de una ingesta (Carrasco, Zamora, & Melin, 2011).

5.3.2 Composición química del sorgo

El salvado de sorgo es bajo en proteína y ceniza y rico en componentes fibrosos. La tracción del germen del sorgo es rica en ceniza, proteína y aceite, pero muy pobre en almidón. Más del 68 % de la materia mineral total y del 75 % del aceite del grano entero está localizado en el germen. Su aportación a la proteína del grano es sólo del 15 %. El germen del sorgo también es rico en vitaminas B. El endospermo, que es la parte mayor del grano, es relativamente pobre en mineral, ceniza y contenido oleaginoso; en cambio, es un gran apartador de otros componentes pues contribuye al 80 % de la proteína, al 94 % del almidón y al 50-75 % de las vitaminas B del grano entero (FAO, 1995).

	Sorgo
Proteínas%	7,0 – 14,0
Lípidos %	2,4 – 6,5
Carbohidratos %	70,0 – 90,0
Fibra %	1,2 – 3,5
Ca (mg (100) -1)	11,0 – 58,6
P	167,0 – 751,0
Fe	0,9 – 20,0
Tiamina	0,2 – 0,5
Niacina	22,9 – 6,4
Riboflavina	0,1 – 0,11

El grano de sorgo está constituido básicamente por proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y polifenoles, en porcentajes variables según genotipo y ambiente (tabla 2).

Tabla 2. Composición promedio de los principales constituyentes del sorgo

Fuente: (Domanski, Giorda, & Feresin, 1997).

5.3.3 Formas de procesamiento de sorgo

Producción de harinas

La producción de harina en escala industrial es importante, ya que se puede producir mayores volúmenes, que contribuyan en la reducción de la importación y uso de la harina de trigo. Al producir una harina tamizada y refinada permite sustituir mayores cantidades de harina de trigo en las diferentes formulaciones de pan, logrando al mismo tiempo un posicionamiento en el mercado.

La harina se puede elaborar en forma artesanal en pequeña escala a partir de las variedades conocidas para este fin. El inconveniente de ese proceso es que no se

puede descortezar el grano, por lo que en la molienda es más difícil obtener un tamaño de partícula como en las harinas refinadas. Esto se logra superar con la utilización de maquinaria industrial (descortezadora) que quita la cascarilla al grano y favorece eficientemente la molienda (Zeledón, y otros, 2007).

5.3.4 Parámetros de proceso para la producción de harina de sorgo.

La determinación de los parámetros de calidad en los cereales es importante para evaluar la funcionalidad de los atributos del grano y determinar su uso final. El término calidad incluye un amplio rango de propiedades que pueden ser definidas en términos: físicos, microbiológicos e intrínsecos.

Parámetros Físicos: entre estos parámetros se incluye la humedad, el tamaño, peso y diámetro de grano, color de pericarpio, color de gluma.

Parámetros Microbiológicos: estos incluyen la presencia de hongos, micotoxinas, insectos, impurezas, materia extraña etc., presentes en el grano.

Parámetros Intrínsecos: Entre ellos podemos mencionar el rendimiento de molienda, proteína, contenido de almidón, densidad, dureza etc. En general todos los parámetros de calidad del grano descritos anteriormente son afectados principalmente por las siguientes características:

- Genéticas
- Período de crecimiento
- Tiempo y métodos de cosecha
- Sistema de secado
- Prácticas de almacenamiento.

(Calderón, 2010).

5.4 Galletas

5.4.1 Criterios de calidad de las harinas a ser utilizadas en la producción de galletas¹.

El proceso de producción de harina requiere del cumplimiento de requisitos de calidad del grano para pasar a los molinos; siendo estos los siguientes:

- **Selección de la variedad:** Verificar que el sorgo a utilizar sea de las variedades recomendadas para consumo humano; en caso de no identificarlas, solicitar asesoría, para analizar la calidad del grano.
- **Contenido de taninos:** Los taninos son compuestos fenólicos que tienen la capacidad de precipitar proteínas. Los compuestos que se forman entre proteínas y taninos no son desdoblados por el organismo, lo que hace que se reduzca la asimilación de las proteínas.
- **Color del grano:** Debe ser de preferencia blanco o crema, este parámetro puede determinarse a simple vista o utilizando un colorímetro.
- **Contenido de proteína:** Es un factor muy importante a evaluar. El rango promedio de proteínas en los sorgos debe estar entre 9 a 11%. Si se usa una variedad de la cual se desconoce el porcentaje de proteína es recomendable realizar un análisis bromatológico del grano para saber si está dentro de los valores promedios.
- **Dureza del grano:** La dureza depende de la humedad y la estructura del grano y puede determinarse con una prueba simple, que consiste en cortar el grano por mitad y raspar el interior; si las partículas que se desprenden son finas y se

¹ Zeledón, H., Hernández, M., Ayala Morán, J., Guzmán, R., Borja, C., Alvarado de Torres, M., & Ruth, C. (2007). Guía Técnica del Sorgo. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*, 40. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos_basicos/GUIA_TECNICA_SORGO.pdf

desprenden con facilidad, indica que el grano es blando. También este parámetro puede ser medido objetivamente utilizando un equipo especial llamado Hardness single tester. (medidor de dureza individual).

5.4.2 Procesamiento de galletas

La galleta se define como el producto alimenticio obtenido por el amasado y cocción de masa preparada con harina de trigo pura o con mezclas de harinas, agua potable, mantequilla y/o grasa vegetal, azúcares permitidos (sacarosa, azúcar invertido, miel de abeja, extracto de malta y otros), adicionada o no de huevo, leche, almidones, polvo de hornear, levaduras para panificación, sal y aditivos permitidos de acuerdo al tipo de galleta a obtener. Las galletas nutricionales se elaboran sustituyendo parcialmente el trigo por una mezcla formada por maíz, soya o sorgo (Logroño, Vallejos, & Benitez, 2015).

Recepción de Materias Primas y Materiales de Envase.²

En esta primera fase del proceso se reciben las materias primas necesarias para la elaboración de las galletas.

Las características de los materiales y las condiciones del transporte deben coincidir con las establecidas en las fichas técnicas de especificaciones de materiales.

Almacenamiento de Materias Primas y Materiales de Envase

Los ingredientes mayoritarios (por ejemplo, las harinas, el azúcar, los jarabes de glucosa y fructosa, los aceites, etc.) pueden almacenarse en silos y depósitos exteriores o interiores; o bien, en depósitos, bidones o en grandes sacos contenedores ubicados en el almacén general, sea a temperatura ambiente o en condiciones de temperatura y humedad controladas.

² Puntual Consultores, S.L. (2009). Guía marco de prácticas correctas. *Asociación profesional de fabricantes de galletas de España.*, 126. Recuperado el 12 de febrero de 2018

En el caso de las grasas, es habitual el almacenamiento en depósitos atemperados. Los ingredientes minoritarios envasados y no perecederos se ubican en los almacenes generales de materias primas, a temperatura ambiente o en condiciones de temperatura y humedad controladas. Los ingredientes que precisan del frío para su conservación deben almacenarse en cámaras frigoríficas, a temperaturas de refrigeración (entre 0,5 y 8°C). En el caso de ovoproductos pasteurizados y otros ingredientes de alto riesgo microbiológico, las temperaturas de mantenimiento deben ser inferiores a 4°C.

Formulación

Las materias primas se pesan y se incorporan a la mezcladora o a la amasadora de forma manual o semiautomática, pesándolas en básculas o balanzas electrónicas de la precisión y exactitud adecuadas.

Previa a la dosificación de las harinas y otros ingredientes a granel, es recomendable que existan sistemas de separación física que actúen como barrera de los cuerpos extraños (tamices, cernedoras, filtros, etc.). Algunos pequeños ingredientes son disueltos o dispersados en un soporte (agua, harina, azúcar, aceite, etc.) antes de su incorporación a la amasadora o a las mezcladoras, con el objeto de facilitar su dispersión de manera uniforme.

Preparaciones Previas

Las operaciones incluidas aquí corresponden a la preparación y/o mezcla de ciertos productos intermedios que serán utilizados en fases posteriores del proceso de elaboración. Ejemplos de estas operaciones son la preparación y mantenimiento a temperatura inferior a 4°C del preparado para dorar –a base de ovoproductos o derivados lácteos– previo al horneado de las galletas; el atemperado de las grasas y aceites previa a su incorporación a la amasadora; el premezclado de lecitina en grasas

o aceites para su uso en determinadas especialidades; el atemperado de las grasas y aceites para el recubrimiento superficial de aceite vegetal de ciertas galletas después del horneado. Tras la salida de los productos intermedios de la mezcladora (o del depósito pulmón de almacenamiento), suele intercalarse un tamiz con un paso de malla adecuado como barrera a los posibles cuerpos extraños que hayan podido incorporarse de forma accidental durante el proceso.

Amasado y Preparación de la pasta

El fin de este proceso es garantizar una textura homogénea para conseguir un adecuado reparto de los componentes de la formulación, aumentar la absorción de agua por parte de la masa y desarrollar unas adecuadas condiciones reológicas por medio de la utilización de una arteza que puede estar acompañado de un tornillo sin fin.

Cocción y Tratamientos Posteriores

El tratamiento térmico se realiza en hornos continuos, en hornos discontinuos o en placas de cocción. La transmisión de calor puede producirse por conducción, convección, radiación, microondas o radiofrecuencia. La pasta se somete a temperaturas alrededor de 200°C, pudiendo oscilar en función de la especialidad, durante un tiempo que puede variar entre 5 y 15 minutos.

El tratamiento térmico al que es sometido el producto durante la fase de horneado es suficiente para eliminar la flora patógena vegetativa presente en la masa cruda.

La operación de enfriado es importante para evitar que se envase producto todavía caliente, ya que una vez envasado se podrían dar condensaciones, con el consiguiente aumento de la humedad de la galleta. A la salida del horno, o después del enfriado, pueden realizarse controles visuales (o por visión artificial) para descartar las galletas con roturas, deformidades geométricas o coloración fuera de parámetros.

Envasado, Acondicionamiento y Almacenamiento.

El envase primario aporta protección al producto frente a agentes externos. Se acostumbra a utilizar laminados complejos termosellables que permiten envasar de forma hermética el producto final y aportar las barreras que permitan un aumento de su vida útil, o bien, otros materiales aptos para el contacto con los alimentos. En general, se buscará un material que aporte propiedades barreras contra el vapor de agua.

La etapa de detección de metales, es preferible realizarla tras el envasado primario, cuando ya no habrá más posibilidades de incorporación de cuerpos metálicos. No obstante, en el caso del envasado con material aluminizado, deberá realizarse justo antes del envasado.

En la expedición, la mercancía se coloca correctamente en el medio de transporte, protegiéndola de golpes y movimientos bruscos que puedan deteriorarlo. Las condiciones ambientales deben ser las mismas que las condiciones exigidas para su almacenaje, las cabinas deben estar limpias, sin olores extraños, ni presencia de productos tóxicos o incompatibles con el producto alimenticio.

5.4.3 Principales ingredientes para la elaboración de galletas.³

Harina

Todas las galletitas y bizcochos tradicionales son fabricados usualmente con harina de trigo, sin gran cantidad de salvado, y para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales se les incorporan pequeñas cantidades de otras harinas o almidones. Tiene mucha importancia emplear una harina de calidad invariable, ya que las variaciones en su composición pueden afectar los procesos estandarizados de producción.

³ Lezcano, E. (2009). *Materias primas y procesos de elaboración*. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=7>

Agua

El agua permite que se produzcan cambios en otros ingredientes, tanto para formar una masa como para producir luego una textura que se torna rígida tras la cocción. Toda el agua añadida a la masa es eliminada en el horno. Debe utilizarse agua de calidad potable.

Azúcar

Se puede conseguir en forma de cristales blancos o como azúcar líquido. Según el tipo de galletita a elaborar, se opta por una u otra forma.

Miel

Está considerada como un tipo de jarabe especial. Es valorada por su sabor y se utiliza en formulaciones particulares.

Grasas y aceites

Son probablemente los ingredientes más importantes utilizados en la industria galletera. La fuente de obtención puede ser tanto vegetal como animal. Siguen en orden de importancia a la harina y el azúcar y se utilizan tanto en la masa como en forma de rociado superficial. También en los rellenos de crema y en cubiertas como las de chocolate. En las masas actúan como anti aglutinante y determinan las características de la textura, de forma que las galletitas resultan menos duras de lo que serían sin ellas.

Emulsionantes

Son sustancias que cumplen la función de estabilizar las mezclas de dos líquidos inmiscibles, como el aceite y el agua. Algunas de ellas tienen también propiedades acomplejantes sobre el almidón y las proteínas.

La lecitina es un emulsionante natural que se encuentra en la manteca, la leche, la yema de huevo, la soja, etc. En la industria alimentaria también se utilizan con esta aplicación los monoglicéridos de glicerol.

Leche

Suele utilizarse en forma deshidratada, entera o parcialmente descremada. Las características de sabor que imparte a las galletitas son muy valoradas.

Huevos

La yema de huevo es rica en grasa y lecitina, componentes que, junto con el sabor que brindan a las galletitas, han hecho del huevo un ingrediente tradicional de estos productos. La industria galletera lo adquiere en forma líquida o en polvo.

Levadura

Para la fermentación de la masa se utiliza la especie *Saccharomyces cerevisiae*. Bajo condiciones anaeróbicas, la levadura es capaz de producir gas carbónico y alcohol a partir de los azúcares simples.

Enzimas

En la fabricación galletera interesan las amilasas y las proteasas que degradan, respectivamente, el almidón y las proteínas. La acción de las proteasas sobre la molécula de gluten ocasiona la rápida reducción de la viscosidad y de la elasticidad en la masa.

Mientras los agentes reductores producen la ruptura de los enlaces disulfuro de las proteínas de la masa, las enzimas proteolíticas producen un efecto similar por un mecanismo de ruptura diferente.

La proteasa tiene ventajas sobre los mejoradores de harina, ya que es desnaturalizada por el calor.

Colorantes

Sin aditivos colorantes, la mayoría de las galletas aparecerían con el mismo color tostado claro.

Los colorantes naturales suelen ser menos estables al calor, pH, y a la luz, y su poder colorante es menos intenso que el de los artificiales.

5.4.4 Tipos de galletas

Marías, tostadas y troqueladas: Son las elaboradas a base de harinas, azúcares y grasas comestibles, con o sin adición de otros productos alimenticios para su mejor enriquecimiento, formando una masa elástica a consecuencia del desarrollo del gluten. Se cortan por sistema de prensa o rodillo troquelado.

“Cracker” y de aperitivo: Están elaboradas con harina y grasas comestibles generalmente sin azúcar, cuyas masas según sus características se pueden someter a una adecuada fermentación para conseguir su tradicional ligereza.

Barquillos con o sin relleno: Se denominan barquillos, obleas o ambrosías, los productos obtenidos de la cocción en planchas metálicas de pastas en estado líquido viscoso, formados por harina, féculas, glucosa y sal, susceptibles de adquirir diferentes formas: rectangulares, cilíndricos abanicos, etc. Pueden elaborarse solos o adicionándoles rellenos a base azúcar, dextrosa, grasa y aromas.

Bizcochos secos y blandos: Elaborados con harina, azúcar y huevos, batidos a gran velocidad para conseguir que monte adecuadamente, depositándose en moldes o en chapa lista para su horneado. La clasificación en secos y blandos obedece al mayor o menor porcentaje de humedad que contienen a la salida del horno, pudiendo adoptar toda clase de formas.

Sándwiches: Es el conjunto de dos galletas tradicionales, a las que se adiciona entre ambas un relleno consistente en una mezcla de azúcar, grasa y otros componentes alimenticios y alimentarios debidamente autorizados.

Pastas blandas y duras: Se clasifican en este grupo las galletas obtenidas a base de masas cuya peculiaridad consiste en cremar adecuadamente todos los componentes

(azúcar, grasa y otros productos alimenticios), adicionar la harina horneando la masa moldeada seguidamente a fin de impedir el desarrollo del gluten.

Bañadas con aceite vegetal: Para elaborar esta especialidad se parte de galletas tradicionales, las cuales, después de ser horneadas, son sometidas a una dispersión o baño de aceite vegetal muy atomizado por su superficie e incluso por su parte inferior, según tipos.

Recubiertas de chocolate: Cualquier clase de galletas antes definidas podrán presentarse recubiertas de chocolate, pasta de cacao o mezcla de azúcar gelatina y agua.

Surtidos: Se conoce con esta denominación el conjunto de galletas de las diferentes especialidades que se elaboran, las cuales se agrupan en un solo envase.

VI. Hipótesis

Hi: La harina de sorgo puede sustituir parcialmente la harina de trigo en la formulación de galletas.

VII. Diseño metodológico

7.1 Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino, dirección: Entrada a La Tunoza, antigua Hacienda El Higo, ubicada en la ciudad de Estelí, Nicaragua; ya que cumple con las condiciones, equipos e instalaciones necesarias para realizar el estudio.

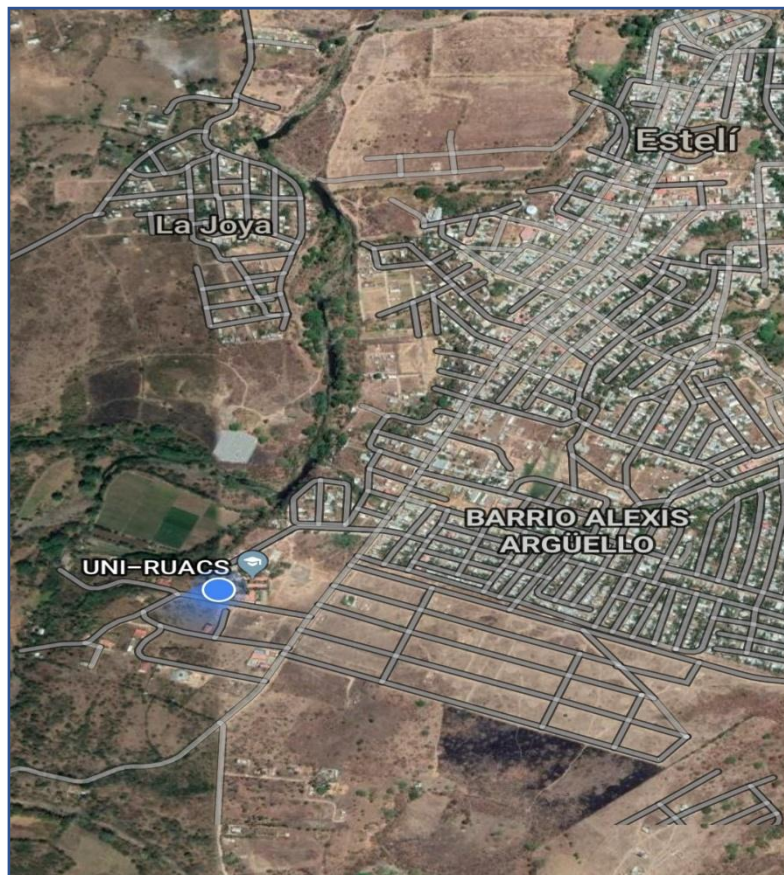


Figura 2. Ubicación geográfica de la UNI-RUACS

7.2 Tipo de investigación

La investigación es experimental porque consiste en el desarrollo de productos (galletas), realizando el control de diferentes variables con el fin de comprobar si la harina de sorgo resulta favorable en la elaboración de este producto.

7.3 Análisis físico de harina de sorgo

En el análisis físico de la materia prima se evaluó, granulometría, porcentaje de humedad, materia seca y ceniza.

Granulometría: Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizaron las mallas de diferente diámetro, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra, como descrito en la Norma C136-01 (ASTM, 2017).

Contenido de Cenizas: La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento (Márquez Sigvas, 2014).

Materia seca: Determinada por secado, de acuerdo a método descrito por AOAC 925.09, de manera que se utilizó horno de convección forzada para eliminar la humedad contenida en la harina de sorgo.

7.3.1 Definición de las Variables medidas en la elaboración de harina de sorgo

Capacidad de retención de aceite.

Es definida como la cantidad de aceite que queda atrapada en la masa de harina. En ese sentido, las mantecas y aceites inhiben el desarrollo del gluten interrumpiendo la continuidad de la matriz de gluten y las masas se vuelven cortas, no extensibles. Además, imparten tolerancia al mezclado, es decir, las masas se hacen menos sensibles a las variaciones de tiempo y velocidad; y disminuyen su adherencia a las superficies. En la elaboración de galletas los niveles de grasa tienden a ser mayores, de 10 al 60 %, especialmente en aquellas que se extienden en el horno. Las grasas funcionan también como portadoras del sabor y como recubrimientos en estos productos (Alimentario Mundo, 2012).

Capacidad de retención de agua.

Es definida como la cantidad de agua que queda atrapada en la masa de harina. En ese sentido, el agua es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (Mesas & Alegre, 2002).

7.3.2 Descripción de tratamientos.

Tabla 3. Descripción de tratamientos

Variable a medir	Materiales	Procedimiento	Fórmula
Diámetro y grosor	Calibrador vernier	Introducir las galletas en el calibrador anotando el equivalente correspondiente	

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Variable a medir	Materiales	Procedimiento	Fórmula
		a cada muestra.	
Peso	Balanza analítica	Colocar la muestra sobre la balanza y posteriormente registrar el resultado de cada una en g.	
Medición de humedad en %	Platos Petri Horno secador Balanza analítica pinzas	Limpieza del equipo Pesar el plato Petri vacío Triturar y pesar la muestra de galleta aproximadamente 5 g de muestra en el plato. Llevar la muestra al secador en una temperatura de 105°C-110°C por 8 horas Retirar la muestra del horno y dejar alcanzar una temperatura ambiente pesar la muestra deshidratada.	$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_m} * 100$ <p>% H: Porcentaje de humedad. P_i: peso inicial. P_f: peso final. P_m: peso de la muestra.</p>
Medición de materia seca		Se retoman datos obtenidos en el porcentaje de humedad.	$\%M_s = 100 - \%H$ <p>M_s: Materia seca %H: Porcentaje de humedad.</p>
Medición de cenizas	Crisol Secador Pinzas Balanza mechero	Se pesa la muestra en un aproximado de 5 g. Se deposita la muestra en el crisol y se ubica este al mechero hasta que se quema por completo y deja	$\%cenizas = \frac{(P - p)}{M} * 100$ <p>P: peso del crisol con las cenizas en g</p>

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Variable a medir	Materiales	Procedimiento	Fórmula
		de desprender humo. Se deja enfriar y posteriormente se pesa.	p: peso del crisol vacío en g M: g muestra
Retención de grasas	Balanza analítica Centrifuga Matraz	Se pesó 0,2 g de muestra la que se mezcló con 2 g de agua o aceite de soja en tubos de centrifuga. A continuación, las suspensiones fueron sometidas a agitación manual. Después de la agitación, los tubos permanecieron en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente. Finalizado el período de reposo, las muestras fueron centrifugadas a 3100 rpm a temperatura de 10 °C por un período de 25 minutos. El volumen del fluido sobrenadante se pesó para la realización del cálculo de la masa de agua o aceite retenida por gramo de muestra.	<i>Agua o aceite retenido</i> $= \frac{PF}{PI}$ PA: Peso del aceite/agua retenida después de centrifugado. PI: Peso del sólido antes de centrifugado.

7.4 Análisis sensorial

Este análisis se aplicó en las diferentes formulaciones (con un nivel de inclusión de 15%, 20%, 25% de harina de sorgo y 100% harina de trigo) para la validación de la investigación. Para su realización se seleccionó un grupo de 10 personas para el panel sensorial.

Las muestras fueron servidas aleatoriamente a los juzgadores en servilletas, en tamaño de unidad de galleta, y codificadas con 3 dígitos, obtenidos de una tabla de números aleatorios. Ver Anexo 1, hojas de evaluación sensorial.



Figura 3. Panel sensorial



Figura 4. Panel sensorial



Figura 5. Galletas utilizadas en panel sensorial

7.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico es el análisis que emplea técnicas estadísticas para interpretar datos, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar los condicionantes que determinan la ocurrencia de algún fenómeno. (e8D soluciones, 2012).

Los datos obtenidos en el análisis sensorial de las muestras se procesaron con el software estadístico SPSS.

7.6 Actividades por objetivos

A continuación, se presentan las actividades a realizar para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Objetivo 1: Caracterizar la materia prima en términos de composición química.

- Fue recolectada la materia prima es este caso sorgo blanco.
- Se midió la humedad, cenizas, materia seca, granulometría.
- Se midieron las distintas variables que afecten el proceso (retención de agua, de grasa).

Objetivo 2: Comparar los efectos de los niveles de inclusión de la harina de sorgo en la formulación de las galletas para identificar el nivel más conveniente.

- Elaboración de la galleta con sus diferentes formulaciones.

Objetivo 3: Evaluar sensorialmente las galletas elaboradas con harina de sorgo en diferentes niveles de inclusión.

- Se reunió 10 estudiantes del recinto en el laboratorio de agroindustria UNI-RUACS.
- Se entregó la muestra correspondiente a las tres formulaciones elaboradas (15 %, 20 %, 25 % harina de sorgo) al que se aplicó el formato donde establecieron los parámetros a medición y observación de las características del producto terminado.
- Se midió el grado de aceptación del producto por medio de resultados del formato de análisis sensorial haciendo uso de paquete estadístico SPSS versión 19.0.

VIII. Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la realización de las distintas pruebas, de acuerdo a los objetivos planteados en el documento. Asimismo, se discuten los resultados de la investigación.

8.1 Determinación de la disponibilidad de la materia prima

La principal materia prima empleada en este estudio es el sorgo blanco (sorghum bicolor) el cual es muy demandado, según datos recopilados en entrevista a comerciantes (Ver anexo 2, cuestionario). El comerciante del mercado municipal de Estelí, recibe entre 20 y 50 quintales mensuales, el cual es llevado por el proveedor que lo transporta hasta el punto de venta a un precio de C\$ 340 por quintal en verano y cuando este escasea, su precio aumenta a C\$ 445.

El comerciante lo vende a C\$ 6 por libra (datos recopilados en el Municipal de Estelí).

Los parámetros como humedad, grasa y presencia de moho en el grano son las principales limitantes con los que se enfrenta el comerciante. El mes donde hay más disponibilidad de sorgo es abril debido al periodo de cosecha.

Según el INTA (2017) entre las variedades más producidas está:

Sorgo de follaje dulce y suave: Color blanco cristalino, tolerante a la sequía, bueno para la producción de harina, tarda de 110 a 115 días para la cosecha, rendimiento de 70 a 80 quintales por manzana.

Sorgo Tortillero precoz: De grano blanco cremoso, tolerante a sequía, bueno para producir harina, tarda de 90 a 95 días para la cosecha, el rendimiento es de 50 a 55 quintales por manzana.

Inta CNIA: Presenta un color blanco cremoso, tolerante a sequía y a la roya, buena para producción de harina, tarda de 110 a 120 días para la cosecha, rendimiento de 65 a 75 quintales por manzana.

Inta SR 16: El color del grano es rojo y su rendimiento es de 60 a 70 quintales por manzana, se recomienda sembrar en las planicies del pacífico y laderas del centro de Nicaragua.

Pinolero 1: Es de color blanco semicristalino, tolerante a sequía, tarda de 110 a 115 días para cosecharse, con rendimientos de 70 a 75 quintales por manzana excelente para la producción de forraje.

Inta CI 0943: La variedad es de doble propósito, tiene bajo contenido de lignina. En la validación con el manejo del productor rindió 56 quintales por manzana de grano y 20 toneladas por manzana de rastrojo después de cosechar el grano. Los valores nutricionales indican que contiene 6.78% de proteína, 6.53% de ceniza, 85% de carbohidratos, 0.32% de calcio, 0.19% de fósforo y una digestibilidad del 81.7%.

Hibrido Inta ESHG-3: De grano blanco, en áreas experimentales rindió entre 72 y 122 quintales por manzana dependiendo de las condiciones ambientales.

Sorgo escobero Inta L-418: Sirve para producir fibra para escoba con calidad de exportación. En las áreas de validación con productores, se obtuvo rendimiento entre 5.7 y 21 quintales por manzana. Alcanza rendimientos arriba de los 15 quintales de fibra por manzana.

Inta Segovia: Es una variedad de millón mejorada para la alimentación humana, de la que se pueden elaborar tortillas, rosquillas y atoles. Se siembra en zonas marginales asociado con maíz y/o frijol en las áreas de laderas, especialmente en localidades donde las lluvias son escasas y mal distribuidas y donde el maíz representa un riesgo para la seguridad alimentaria. Su potencial de rendimiento de grano es de 45 a 70 quintales por manzana y el rendimiento de forraje para la alimentación animal es 38.6 toneladas por manzana.

Inta CI 0943: Variedad para alimentación de ganado. En la validación con el manejo del productor rindió 56 quintales por manzana de grano y 20 toneladas por manzana de rastrojo después de cosechar el grano.

Inta CI 0947 En la validación con el manejo del productor rindió 55 quintales de grano por manzana y 18 toneladas por manzana de rastrojo después de cosechar el grano (INTA, 2017).



Figura 6. Sorgo en grano

8.2 Proceso productivo para la elaboración de harina de sorgo

Para la elaboración de las galletas fue necesaria la producción de harina de sorgo, el que se basa en un proceso semi industrial que consta de tres etapas principales: humectación (97°C-5 minutos), secado (8-10 horas), Molienda (molino de discos).



Figura 7. Harina de sorgo



Figura 8. Molino de disco

8.2.1 Diagrama de flujo para la producción de harina de sorgo

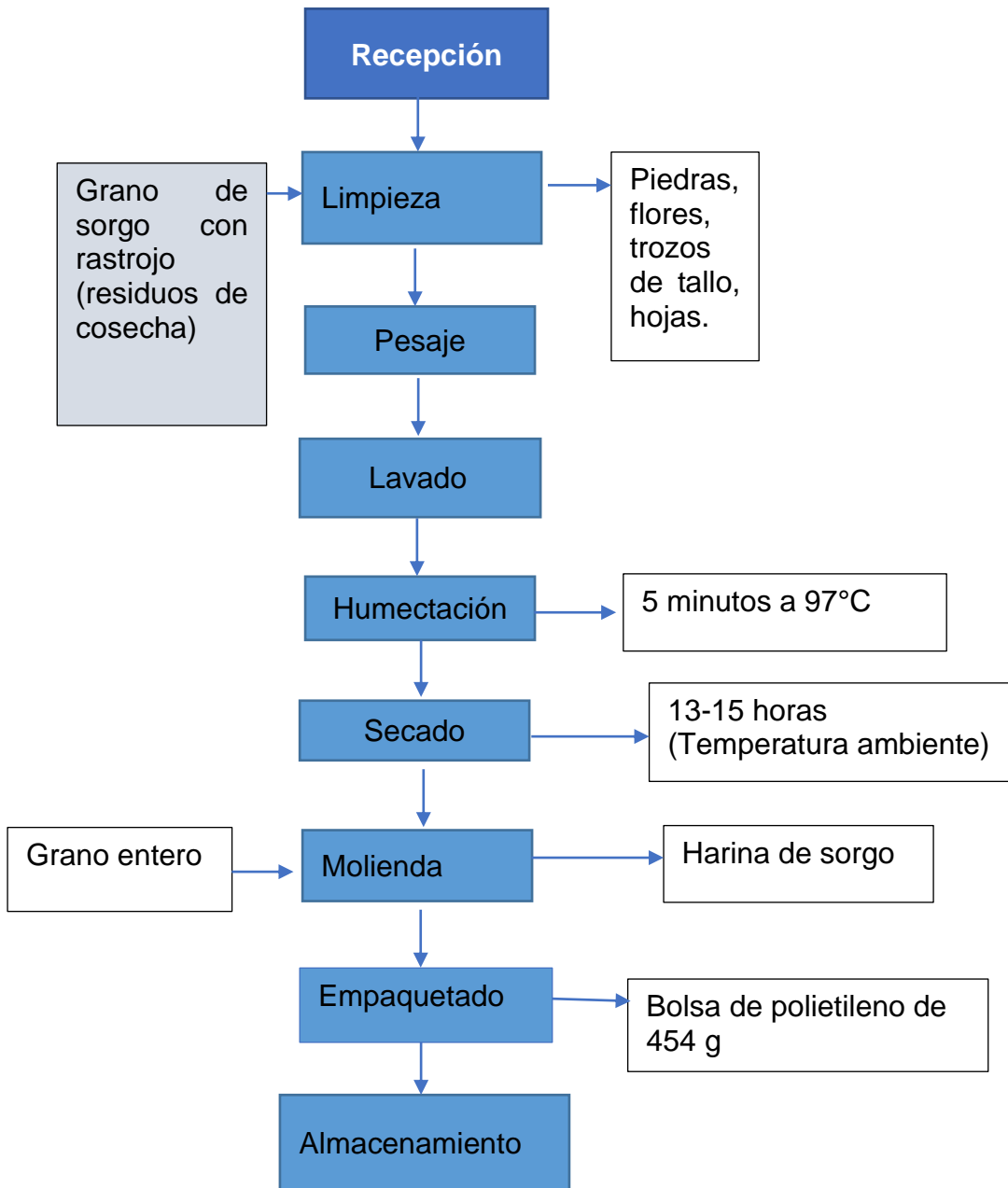


Figura 9. Diagrama de flujo para la producción de harina de sorgo

8.2.2 Balance de materia de harina de sorgo

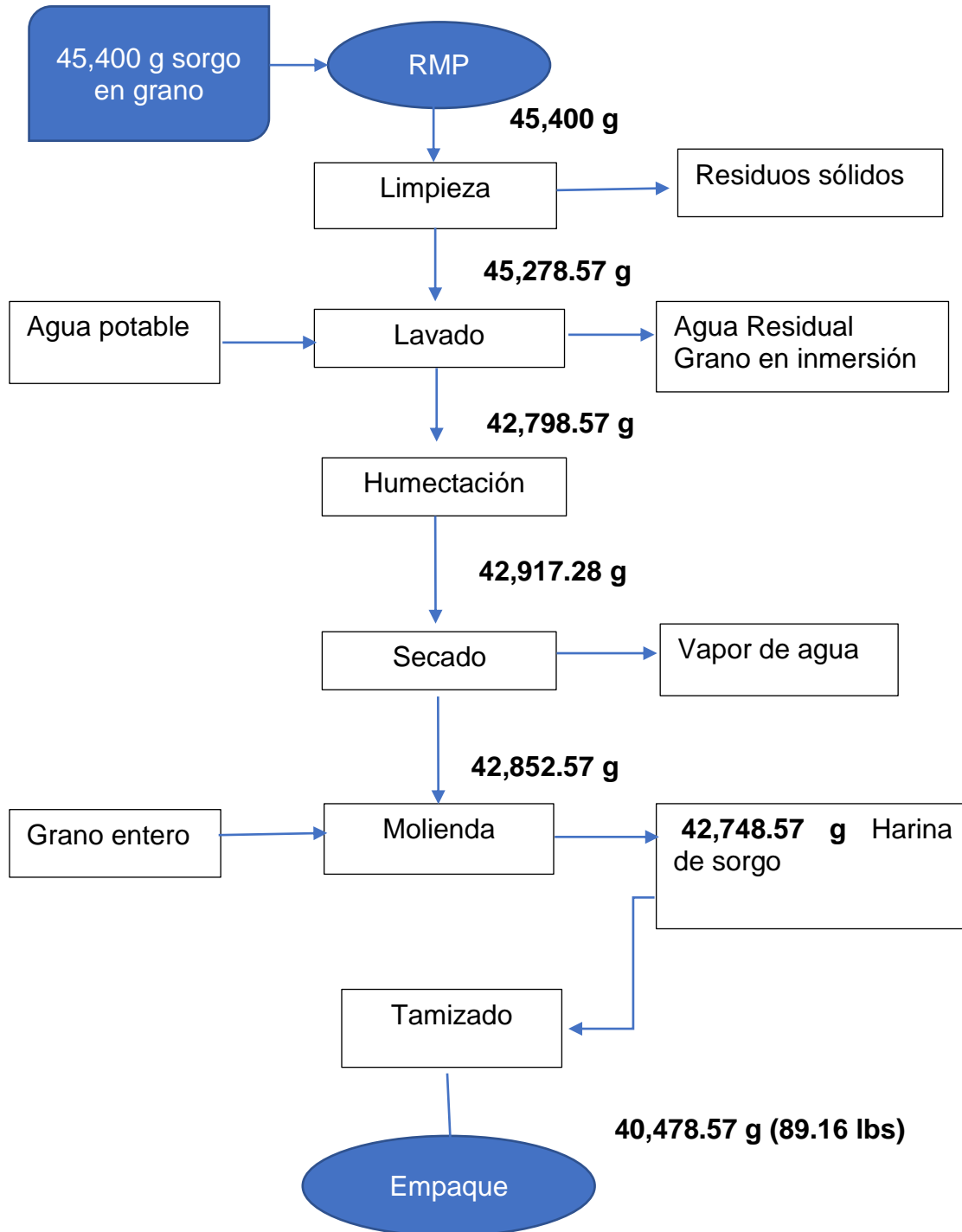


Figura 10. Balance de materia de harina de sorgo

8.2.3 Porcentaje de rendimiento de la harina de sorgo

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Masa de harina producida}}{\text{Masa inicial de sorgo usada}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{40,478.57 \text{ g}}{45,400\text{g}} \times 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 89.16$$

El rendimiento productivo en la elaboración de harina de sorgo es relativamente alto con un valor promedio de 89.16%, dato importante al determinar el costo de producción y el rendimiento como producto final, al procesar un quintal de sorgo se obtienen 89.16 libras con un costo unitario de C\$ 17.29 por libra, un precio sumamente menor en relación al precio comercial de harina de trigo C\$17.

8.2.4 Descripción de diagrama de proceso de harina de sorgo

Recepción: En esta etapa se realiza la recepción de la materia prima principal, sorgo blanco.

Limpieza: Permite garantizar que la materia prima esté libre de contaminantes físicos tales como residuos procedentes de la cosecha (piedras, flores, trozos de tallo, hojas). Esta puede realizarse con ayuda de un ventilador o por medio de un proceso de tamizado para reducir los desechos.

Pesaje: Este es posible con el uso de una balanza.

Lavado: El lavado es una operación que generalmente constituye el punto de partida de cualquier proceso de producción. Es una operación que a pequeña escala se realiza simplemente con agua detenida que se reemplaza continuamente.

La operación consiste en eliminar la suciedad que el material trae consigo antes que entre a la línea de proceso, evitando así complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima puede contener. Este lavado debe realizarse con agua limpia, lo más pura posible.

Humectación: en esta etapa se le adicionó al grano agua próxima al punto de ebullición a una temperatura de 97°C, durante un periodo de 5 minutos con el objetivo de hidratar el grano, para este proceso es necesario el uso de 0.17 metros cúbicos de agua para 100 kg.

Secado: El secado puede realizarse de forma industrial con el uso de un secador o artesanal, extendiendo los granos de sorgo en una superficie plana a temperatura ambiente durante un periodo de entre 8 a 15 horas.

Molienda: método de reducción de tamaño eficaz en la obtención de harina, el proceso consiste en introducir el grano de sorgo en un molino de discos para obtener como producto final el sorgo pulverizado (harina).

Tamizado: Se realiza con el uso de un tamiz para eliminar fibras de sorgo.

Empacado: Se realiza pesado y empaquetado de producto final en bolsas de polietileno de 454 gamos para conservar sus propiedades.

8.3 Análisis físico de harina de sorgo

8.3.1 Análisis Granulométrico

Este análisis se realizó utilizando juego de tamices con número de malla (20, 30, 40, 50, 100) con tres repeticiones de 100 g, por medio de agitación manual en un periodo de tiempo de 5 minutos obteniendo el diámetro promedio de 0.30 ± 0.01 por partícula de harina.

Se consideraron los aspectos normativos de:

Tabla 4. Norma de Codex para harina de trigo 152-1985

Descripción	Limite	Método de analisis
Tamaño de las partículas (Granulosidad)	El 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 956.22

Tabla 5. Norma de Codex para harina de sorgo 173-1989

Descripción	Limite	Método de analisis
Tamaño de las partículas (Granulosidad)	Mínimo: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina “fina” y de 1 mm para la harina “media”	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones del tamiz como en ISO 3310/1 - 1982 Tamices de ensayo)

Según los datos obtenidos para el diámetro promedio de las partículas de harina de sorgo en el análisis granulométrico, se determinó que cuenta con las características permisibles según parámetros de medida por la norma de Codex para harina de sorgo, resultando que el 100% de la harina puede pasar por una malla de un diámetro de 0.5 mm al contar con un valor de 0.30 ± 0.01 por partícula de harina, clasificándose como harina fina.

En relación a la normativa de Codex para la elaboración de harina de trigo este diámetro resulta mayor en comparación a los 0.212 mm aceptables en la harina de trigo (Ver datos de análisis granulométrico en el Anexo 3).



Figura 11. Juego de tamices

8.3.2 Porcentaje de humedad y materia seca

El contenido de humedad de la harina es importante por dos razones:

- Cuanto mayor es el contenido de humedad, menor es la cantidad de sólidos secos en la harina. Las especificaciones de la harina generalmente limitan la humedad de la harina al 14% o menos.
- La harina con más del 14% de humedad no es estable a temperatura ambiente. Los organismos naturalmente presentes en la harina comenzarán a crecer a altas humedades, produciendo olores y sabores (Simsek, 2018)

Para evaluar el porcentaje de humedad y materia seca existente en la harina, se utilizó equipo de secador, balanza analítica y platos petri, en este último se depositó 5 g de muestra con cinco repeticiones por un periodo de 24 horas en secador a 60°Celsius.

Tabla 6. Porcentaje de humedad y materia seca de la harina de sorgo

Porcentaje de humedad y % materia seca							
Muestra	N° de placa petri	Peso de la placa	peso de la muestra	peso inicial (placa+muestra)	peso final	% humedad	% materia seca
Harina de sorgo 5 g	Placa N° 1	41.3315	5	46.3315	45.974	7.152	92.848
	Placa N° 2	38.5904	5	43.5904	43.227	7.27	92.73
	Placa N° 3	46.4992	5	51.4992	51.149	7.00	93
	Placa N° 4	44.5888	5	49.5888	49.194	7.902	92.098
	Placa N° 5	38.0957	5	43.0957	42.711	7.69	92.31

Ecuación 2. Porcentaje de humedad

$$\% \text{ de humedad} = \left(\frac{P1 - P2}{Pm} * 100 \right)$$

P1: peso inicial

P2: peso final

Pm: peso de la muestra

Ecuación 3. Porcentaje de materia seca

% materia seca = 100 – % de humedad

% de humedad 7.40±0.38 %

% de materia seca 92.6±0.38 %



Figura 12. Muestras de harina de sorgo en el secador (Thermo scientific)

En comparación al promedio de humedad máxima aceptable para la harina de trigo 14% se determinó que el promedio de humedad presente en la harina de sorgo 7.40 ± 0.38 resulta una ventaja para el almacenamiento y transporte.

8.3.3 Contenido de cenizas

La ecuación 4 fue utilizada para el cálculo de las cenizas. En la tabla 4 se muestran los resultados.

Ecuación 4. Porcentaje de cenizas

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{P_i - P_T}{P_m} \right) * 100$$

Pi: peso inicial

PT: peso de la tara

Pm: peso de la muestra

Tabla 7. Contenido de cenizas

Muestra	N° del tara	Peso de la tara	Peso de la muestra	Peso inicial (Tara+muestra)	Peso final	% Cenizas
Harina de sorgo 5 g	Tara N° 1	21.0915	5.0003	26.0918	21.250	3.1778
	Tara N° 2	20.5661	5.0011	25.5672	20.768	4.0471
	Tara N° 3	20.8287	5.0009	25.8296	21.008	3.5914

La ceniza es el material mineral en la harina. La prueba para determinar el contenido de cenizas consiste en incinerar un peso conocido de harina en condiciones controladas, pesar el residuo y calcular el porcentaje de ceniza en función del peso original de la muestra. El contenido de cenizas del trigo varía de aproximadamente 1,50 a aproximadamente 2,00% (Simsek, 2018).

El contenido de cenizas se realizó colocando 5 g de muestra de harina en taras con tres repeticiones y posteriormente se colocaron en la mufla durante un periodo de 24 horas a 650° Celsius, después de transcurrido este periodo se procedió al pesaje haciendo uso de la balanza analítica, obteniendo como resultado un porcentaje promedio 3.61 ± 0.43 % de cenizas.

Se determinó que el contenido de cenizas en la harina de sorgo es mayor en relación al contenido de cenizas para la harina de trigo.

8.4 Análisis químico de la harina de sorgo

8.4.1 Capacidad de retención de agua y aceite de la harina de sorgo

Las capacidades de retención de agua y aceite se determinaron de acuerdo con el método descrito por Jitngarmkusol, Hongsucuankul Tananurong (2008). Así, se

mezclaron 0,2 g de muestra con 2 g de agua o aceite de soja (marca Ideal) en tubos de centrífuga.

Las suspensiones se agitaron de forma manual. Después de agitar, los tubos se dejaron reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Finalizado el periodo de reposo, las muestras se centrifugaron a 3100 G a una temperatura de 10°C durante un periodo de 25 minutos. El volumen líquido sobrenadante se recogió y se pesó para el cálculo de la masa de agua/aceite de la muestra. Estos análisis se realizaron por triplicado.

Capacidad de retención de agua.

El agua es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (Mesas & Alegre, 2002). En la tabla 5 se presenta la capacidad de agua retenida (CRA).

Tabla 8. Capacidad de retención de agua

No	Peso del tubo (g)	masa harina (g)	masa agua (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de agua retenida (g)	CRA g de agua/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	9.9893	1.0346	4.0615	12.4263	1.4024	1.36	1.38	0.02	1.46
2	9.8825	1.0927	4.1117	12.4951	1.5199	1.39			
3	10.0625	1.1832	4.7163	12.8902	1.6445	1.39			

El CRA obtenida en la harina de sorgo es de $1.38 \pm 0.02\%$, resulta mayor a la CRA de harinas proveniente de arroz en el cual el CRA es de 1.26 ± 0.06 y menor en

comparación al CRA de harinas de trigo, en el que se obtiene un valor de WHC de 1.85 ± 0.18 (Joshi, Liu, & Sathe, 2015).

Capacidad de retención de aceite.

Esta propiedad es relevante en la elaboración de galletas, ya que los niveles de grasa tienden a ser mayores, de 10 al 60 %, especialmente en aquellas que se extienden en el horno. Las grasas funcionan también como portadoras del sabor y como recubrimientos en estos productos (Alimentario Mundo, 2012). En la tabla 6 se muestran los resultados para la harina de sorgo, en relación a la capacidad de retención de aceite (CRO).

Tabla 9. Capacidad de retención de aceite

No	Peso del tubo (g)	masa harina (g)	masa aceite (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de aceite retenida (g)	CRO g de aceite/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	10.0629	1.025	4.4201	11.9439	0.856	0.84	0.82	0.03	3.36
2	10.0873	1.0297	4.0840	11.9723	0.8553	0.83			
3	10.061	1.2512	4.4544	12.295	0.9828	0.79			

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

Porcentaje promedio de capacidad de retención de aceite presente en la harina de sorgo 0.82 ± 0.03 %.

Se determinó que CRO obtenido en la harina de sorgo es 0.82 ± 0.03 % en relación a la harina proveniente de arroz es mayor, con un resultado de CRO de 0.75 ± 0.01 % y menor en comparación al CRO para harina de trigo con un valor de 1.05 ± 0.12 % (Joshi, Liu, & Sathe, 2015)

7.5 Resultado de análisis de harina de sorgo

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en los análisis realizados a la harina de sorgo.

Tabla 10. Resultado de análisis de harina de sorgo

Descripción de muestra	Análisis	Resultados de muestras %
Harina de sorgo	Cenizas	3.61± 0.43
	Granulometría	0.30±0.01
	Capacidad de retención de agua	1.38±0.02
	Capacidad de retención de aceite	0.82±0.03
	Materia seca	92.6±0.38
	Humedad	7.40±0.38

IX. Producción de galletas

9.1 Diagrama de flujo para el proceso de galleta

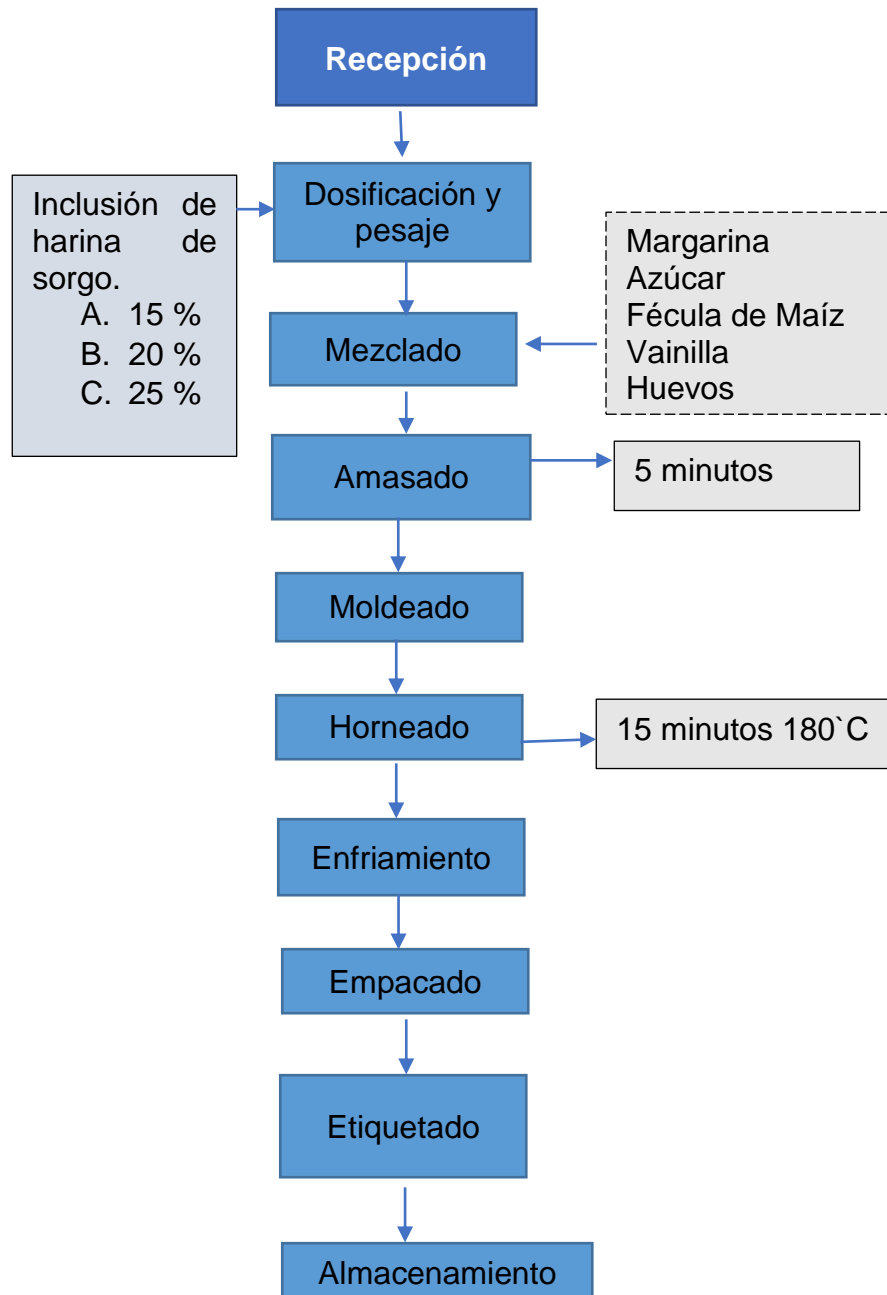


Figura 13. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas

9.2 Elaboración de galletas con los distintos niveles de inclusión

Para la elaboración de galletas se realizaron cuatro formulaciones en los que se determinaron tres niveles de inclusión en porcentajes de 15, 20, 25% harina de sorgo y 100% harina de trigo.

Tabla 11. Formulación de galletas con diferentes niveles de inclusión

Galletas	15%	20%	25%	Testigo
Harina de trigo	340 g	320 g	300 g	400 g
Harina de sorgo	60 g	80 g	100 g	-
Margarina	360 g	360 g	360 g	360 g
Fécula de maíz	8 g	8 g	8 g	8 g
Azúcar	100 g	100 g	100 g	100 g
Huevos	2 und	2 und	2 und	2 und
Vainilla	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml

9.2.1 Proceso de elaboración galletas

Recepción: Se obtiene la materia prima necesaria para el proceso.

Pesaje: Utilizando la balanza analítica se pesan las distintas materias primas tomando en cuenta las formulaciones de cada tratamiento.

Tamizado: En el caso de las harinas se realiza un tamizado para evitar que entre al proceso distintos tipos de residuos provenientes de la molienda.

Mezclado: Se incorpora a la batidora la margarina por un periodo de 3 minutos luego se añade el azúcar, seguido de huevos y vainilla y posteriormente se incorpora la harina (trigo, sorgo) y fécula de maíz con movimientos envolventes (sin hacer uso de la batidora) hasta obtener una consistencia homogénea.

Moldeado: Con ayuda de una manga pastelera y dulla 6B se elaboran las galletas sobre un molde engrasado y enharinado.

Horneado: Precalentar 15 minutos a 200°Celsius y se procede al horneado bajando la temperatura a 160° C por 20 minutos.

Enfriado: Se retiran los moldes del horno y se deja enfriar.

Empaque: Para el empaque se utiliza cajas de polietileno con capacidad para 48 unidades.



Figura 14. Mezclado en la elaboración de galletas



Figura 15. Elaboración de galletas

9.3 Análisis físico de las galletas

Para determinar las mediciones en promedio de las galletas se utilizaron cinco muestras de cada tratamiento incluyendo la muestra testigo, con ayuda de un equipo de medición (Calibrador de Vernier), obteniendo los siguientes resultados

Tabla 12. Peso promedio de las galletas

Característica	Muestra	Promedio/D.E
Peso	15% sorgo	14.56±0.92
	20% sorgo	13.65±1.74
	25% sorgo	10.98±1.38
	100% trigo	11.72±0.78

Se determinó que el peso promedio se ve afectado según el tratamiento; al aumentar el nivel de inclusión de harina de sorgo en las formulaciones disminuye el peso promedio; en comparación a la muestra testigo se puede observar que la inclusión 25% sorgo obtuvo un peso menor de 10.98±1.38, en relación al peso promedio de la muestra testigo con 11.72±0.78.

Para la evaluación de la altura se tomaron cinco muestras de cada tratamiento y se realizó la medición utilizando un calibrador de vernier, según los resultados no existe variación significativa en la altura, en relación a la muestra testigo.

Tabla 13. Altura promedio de las galletas

Característica	Muestra	Promedio/D.E
Altura	15% sorgo	4.22±0.19
	20% sorgo	4.3±0.12
	25% sorgo	4.3±0.07
	100% trigo	4.14±0.089

9.3.3 Grosor promedio

Tabla 14. Grosor promedio de las galletas

Característica	Muestra	Promedio /D.E cm
Grosor	15% sorgo	1.36±0.13
	20% sorgo	1.3±0.17
	25% sorgo	1.18±0.13
	100% trigo	1.34±0.20

Según datos de la tabla anterior, se determinó que existe variación al incluir harina de sorgo en las formulaciones con una disminución de grosor al aumentar la dosificación. Obteniendo como resultado que las muestras con el 25% sorgo tuvieron un grosor menor de 1.18±0.13 cm, en relación a las muestras 100% trigo con un valor de 1.34±0.20 cm.



Figura 16. Medición de galletas utilizando calibrador de vernier

9.4 Evaluación sensorial

El análisis sensorial se hizo para conocer la incidencia de la galleta en los tratamientos (harina de sorgo al 15%, 20%, 25% de inclusión y muestra testigo al 100% harina de trigo) y las características en cada una de las formulaciones.

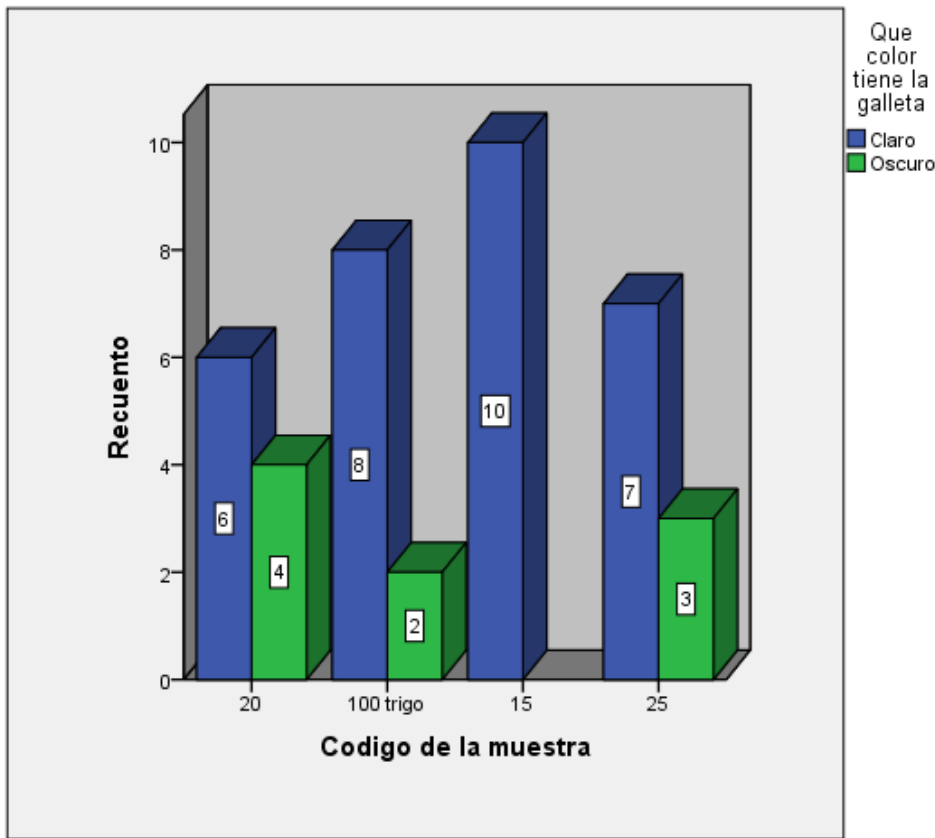


Figura 17. Evaluación del color de las galletas para los distintos tratamientos

El color del producto es una característica muy importante en los alimentos, ya que atrae la atención del consumidor. En la figura 13 se determinó que al incluir harina de sorgo en los tratamientos el producto final recibe un color más claro en comparación a la galleta elaborada con 100% trigo con una significancia de 0.170, como mostrado en la Tabla 15.

Tabla 15. Prueba de Chi cuadrado-color.

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	5.018 ^a	3	.170
Razón de verosimilitudes	6.968	3	.073
Asociación lineal por lineal	1.141	1	.285
N de casos válidos	40		

En relación a los resultados del olor de las muestras de galleta, en la figura 18 se muestra el resultado.

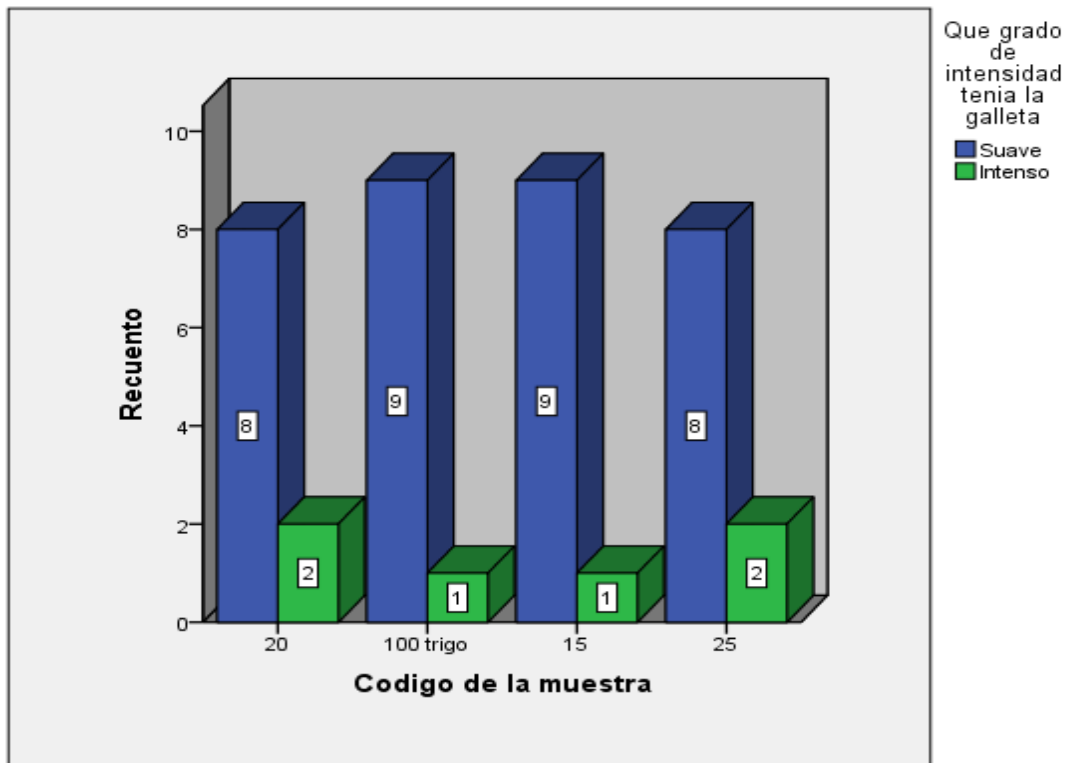


Figura 18. Olor de las galletas

Los datos obtenidos en el gráfico anterior demuestran que no existe variación para la característica olor, al incluir harina de sorgo en relación a la muestra testigo, ya que los panelistas clasificaron que el olor de la galleta es suave en los distintos tratamientos con un grado de significancia de 0.853 (ver tabla 16, a continuación).

Tabla 16. Prueba de chi cuadrado-olor

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	.784 ^a	3	.853
Razón de verosimilitudes	.797	3	.850
Asociación lineal por lineal	.000	1	.986
N de casos válidos	40		

En relación a los resultados de la evaluación de la crocancia de las muestras de galleta, en la figura 19 se muestra el resultado.

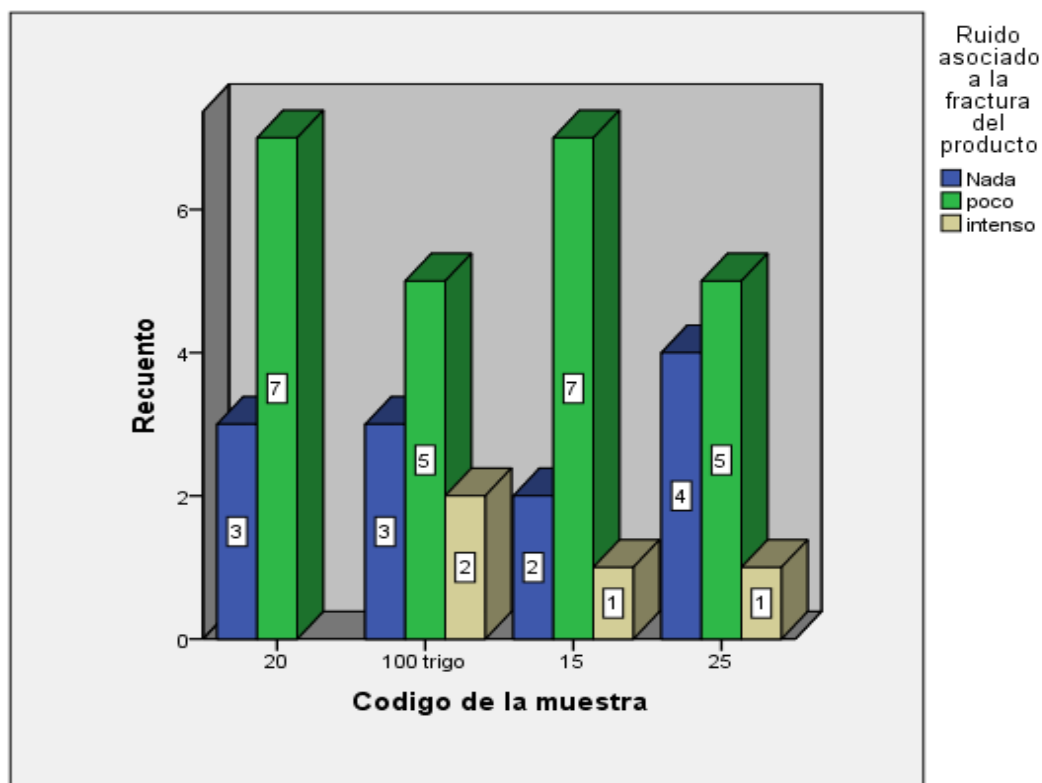


Figura. 19 Crocancia de las galletas

Se determinó que la crocancia de la galleta no se ve afectado al incluir harina de sorgo en las formulaciones, tomando como referencia que la galleta 100% trigo presenta poca

crocancia, según la valoración de los panelistas, lo cual está reflejado en la prueba de chi cuadrado con un valor de 0.766, como mostrado en la tabla a continuación.

Tabla 17. Prueba de chi cuadrado- crocancia

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3.333 ^a	6	.766
Razón de verosimilitudes	4.122	6	.660
Asociación lineal por lineal	.000	1	.983
N de casos válidos	40		

En relación a los resultados del sabor de las muestras de galleta, en la figura 20 se muestra el resultado.

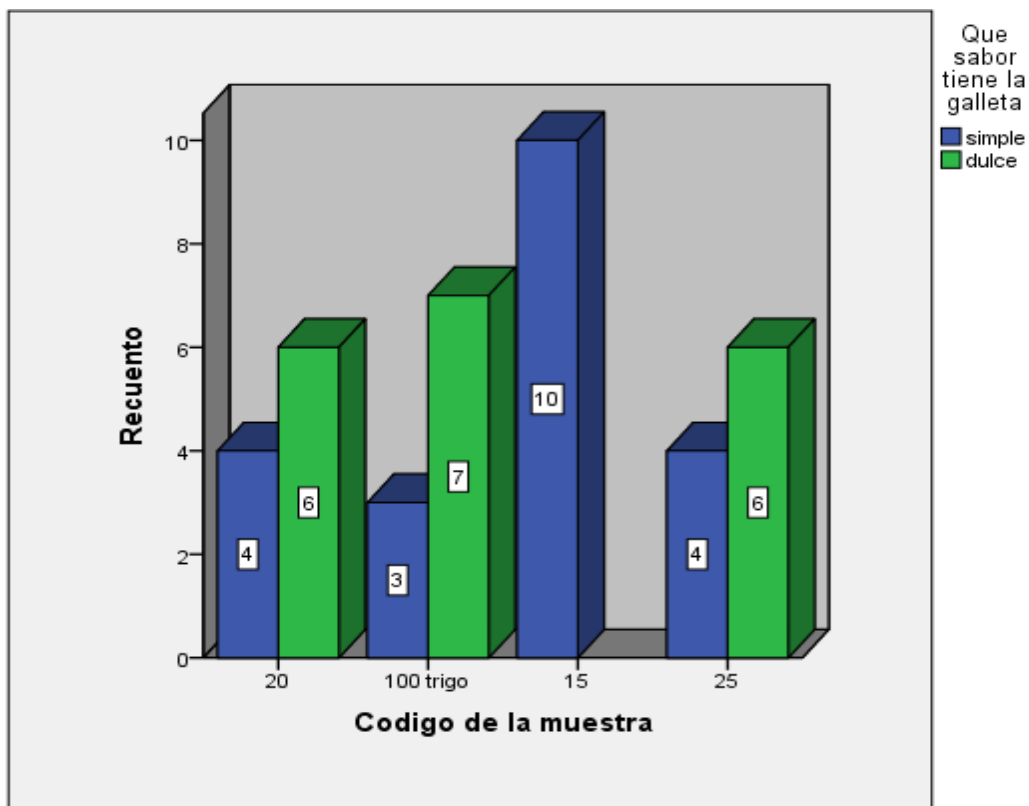


Figura 20. Sabor de las galletas

La figura 20 muestra que el sabor dulce de las galletas se ve reducido al incrementar la inclusión de harina de sorgo, tomando en cuenta que la variación va de un 70 a 60%, según la caracterización dada por los panelistas y representada en la prueba de Chi cuadrado 0.006, tabla 18.

Tabla 18. Prueba de chi cuadrado-sabor

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	12.331 ^a	3	.006
Razón de verosimilitudes	16.214	3	.001
Asociación lineal por lineal	4.295	1	.038
N de casos válidos	40		

En relación a los resultados del sabor residual de las muestras de galleta, en la figura 21 se muestra el resultado.

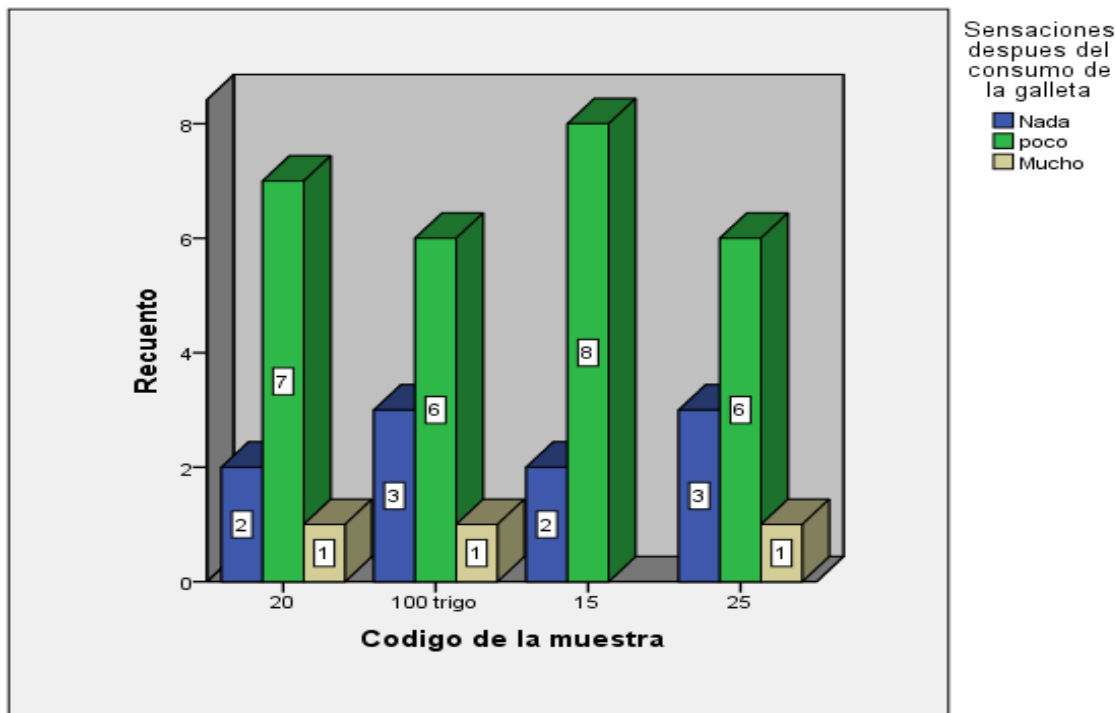


Figura 21.Sabor residual

En la figura 21 se muestra que existe una variación como resultado de la sensación luego de consumir las galletas, ya que el sabor residual disminuye al incluir harina de sorgo con una significancia de 0.937, ver tabla 19, a continuación.

Tabla 19. Prueba de chi cuadrado-sabor residual

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1.807 ^a	6	.937
Razón de verosimilitudes	2.530	6	.865
Asociación lineal por lineal	.085	1	.770
N de casos válidos	40		

Sobre los resultados de la percepción de aceitosidad de las muestras de galleta, en la figura 19 se muestra el resultado.

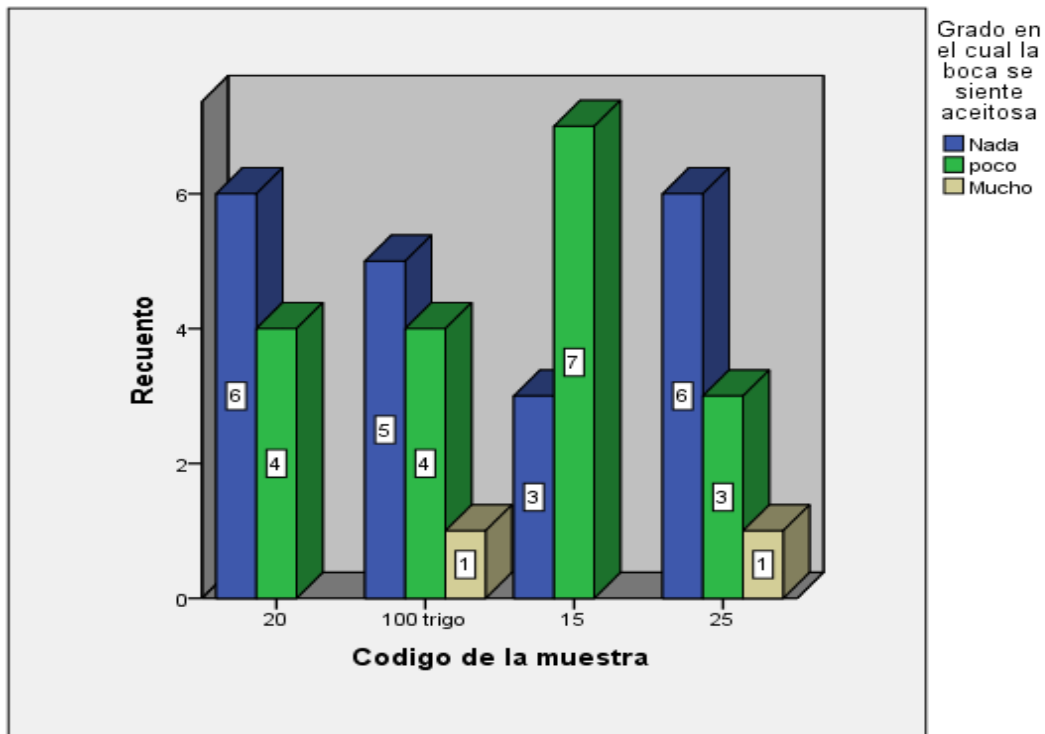


Figura 22. Aceitosidad de las galletas

En la figura anterior se determina el nivel de aceitosidad característico de la galleta, en este se muestra que el grado de aceitosidad se ve reducido al incluir harina de sorgo en los tratamientos de un 50 a un 60 % de variación con significancia de 0.518, como mostrado en la tabla 20.

Tabla 20. Prueba de chi cuadrado-aceitosidad

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	5.200 ^a	6	.518
Razón de verosimilitudes	5.952	6	.429
Asociación lineal por lineal	.257	1	.612
N de casos válidos	40		

Según el análisis sensorial se determinó que las características organolépticas de los distintos tratamientos, cuentan con los parámetros de calidad aceptables y no causan afectación en el producto final, al contrario, aporta mejoras a las galletas elaboradas solamente con harina de trigo.

Entre los beneficios encontrados se pueden mencionar:

- No aporta olores desagradables
- Reducción de aceitosidad
- No afecta la crocancia en las galletas

9.5 Costos de producción

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento, esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej., los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos.

El costo de producción tiene dos características opuestas. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente (FAO, 1998).

Ecuación 5. Costo primo

$$CP = MP + MD + MOD$$

Dónde:

MP: Materia prima

MD: Material directo

MOD: Mano de obra directa

Ecuación 6. Costos de conversión

$$CC = MOD + CIF$$

Dónde:

MOD: Mano de obra directa

CIF: Costos indirectos de fabricación

Ecuación 7. Costos totales

$$CT = CD + CI$$

Dónde:

CD: Costos directos

CI: Costos indirectos

Costos indirectos:

9.5.1 Costos de producción de la harina de sorgo

Para determinar los costos de producción se tomaron en cuenta los gastos directos como indirectos para la elaboración de las galletas de harina de sorgo y harina de trigo, la cantidad necesaria de materia prima, el equipo que se utilizó para su elaboración, mano de obra requerida. Para la elaboración de la harina de sorgo se procesaron 100 libras (1 quintal). Se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla número 5, donde se puede observar que el costo de producción de harina a partir de un quintal de sorgo es de C\$ 1442.

Tabla 21. Costos de producción de harina de sorgo

Materia Prima	C\$	Mano de obra directa	C\$	Costos indirectos de fabricación	C\$
Grano de sorgo	446	Salario	300	Agua	10
Material de empaque	150			Energía eléctrica	45
				gas	280
				gorros	6
				gabachas	300
				Tapa boca	5
Totales	596		300		646

Costos primos	896
Costos de conversión	946
Costos de producción	1542

Los costos fijos son cifras que no varían, son constantes en los diferentes niveles de producción, ya que, los costos fijos se mantendrán invariables mientras se determine mantener la capacidad productiva.

9.5.2 Costo unitario de producción

Estos costos se calculan en base a cuanto es el valor de una libra de harina de sorgo para el consumidor.

Tabla 22. Costo unitario de producción

Costo unitario de producción		
Unidades Producidas	Costos de producción C\$	Costo unitario C\$
89.16	1542	17.29

Al procesar un quintal de sorgo se obtienen 89.16 libras con un costo unitario de 17.29 córdobas por libra, un precio similar en relación al precio comercial de harina de trigo C\$17. No obstante, a través de un estudio de prefactibilidad se podría determinar si el costo de producción podría o no ser menor al aumentar el volumen de producción de harina.

X. Conclusiones

A partir del estudio realizado se determinó lo siguiente:

- En comparación al promedio de humedad máxima aceptable para la harina de trigo 14%, se determinó que el promedio de humedad presente en la harina de sorgo 7.40%, resulta una ventaja para el almacenamiento y transporte.
- Durante la elaboración de las galletas se pudo notar, que entre mayor era el nivel de inclusión de harina de sorgo en la formulación, se obtenía una consistencia más suave y manejable en relación a la galleta testigo, teniendo en esta que ejercer una fuerza mayor al moldear las galletas utilizando el mismo número de dulla 6 B para los cuatro tratamientos.
- Las galletas elaboradas con un nivel de inclusión del 20% de sorgo obtuvieron mayor aceptación por los panelistas en comparación a galletas 100% trigo, según datos obtenidos en el análisis sensorial, lo que sugiere que este es un nivel óptimo de inclusión.
- El rendimiento productivo en la elaboración de harina de sorgo es relativamente alto con un valor promedio de 89.16% dato importante al determinar el costo de producción y el rendimiento como producto final, al procesar un quintal de sorgo se obtienen 89.16 libras con un costo unitario de 17.29 córdobas por libra, un precio sumamente similar en relación al precio comercial de harina de trigo C\$17.

XI. Recomendaciones

En base a los resultados de la presente investigación recomendamos lo siguiente:

- Evaluar la factibilidad de una planta procesadora de harina de sorgo con la finalidad de darle valor agregado al sorgo, con fines de consumo humano.
- Realizar investigación para identificar la demanda potencial insatisfecha de la harina de sorgo.
- Desarrollar opciones sobre el aprovechamiento de sorgo para concentrado animal, elaboración de pastas y otros derivados.
- Brindar asesoramiento para la implementación del uso de harina de sorgo en la panificación

XII. Bibliografía

- Alimentario Mundo. (2012). Mantecas y aceites de soya en la panificación. 20-23.
- ASTM. (2017). *Norma ASTM C136-01: Analisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino*. Laboratorio de materiales de construcción. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials. Recuperado el 2 de Diciembre de 2018, de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
- Barda, N. (2012). Analisis sensorial de los alimentos. *Fritucultura y diversificación*, 4. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de www.expofrut.ar
- Calderón, V. (2010). Parametros de calidad de grano de sorgo para elaboración de alimentos y harinas. *Universidad de Nebraska-Lincoln*. Recuperado el 12 de febrero de 2018
- Campos, G., & Carranza, L. (2015). *Producción y comercialización de sorgo en Nicaragua*. Recuperado el 28 de marzo de 2018
- Carrasco, N., Zamora, M., & Melin, A. (2011). *Manual de sorgo*. Recuperado el 28 de febrero de 2018, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf
- Cutullé, B., & Berruti, V. (2012). Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas). 25-31. Recuperado el 5 de febrero de 2018, de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=626096&indexSearch=ID>
- Domanski, C., Giorda, L., & Feresin, O. (1997). Composición y calidad del grano de sorgo. *INTA*, 4. Recuperado el 21 de marzo de 2018
- e8D soluciones. (2012). Integración y marketing directo. *e8D soluciones*, 2. Recuperado el 7 de marzo de 2018, de http://www.e8dsoluciones.es/pdf/e8d_ana_est_que_es.pdf
- Espinoza Silva, C. R., & Quispe Solano, M. A. (2012). Tecnología de cereales y leguminosas. 139. Recuperado el 11 de febrero de 2018
- FAO. (1995). *El sorgo y el mijo: en la nutrición humana (colección FAO: Alimentación y nutrición N° 27)*. Recuperado el 7 de marzo de 2018
- FAO. (1998). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de <http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s06.htm>
- González, C. (2016). *Pan de sorgo*. Recuperado el 18 de febrero de 2018, de file:///C:/users/user1/Dowloands/2016_N_029.pdf
- Gutierrez, P. (2007). *Elaboración de galletas con semillas de chia (Salvia hispánica) como alimento funcional con aporte de ácidos grasos omega 3*. Recuperado el 1 de marzo de 2018
- Hernandez, A. (2013). Estructura y morfología de los cereales. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1-5. Recuperado el 8 de marzo de 2018, de

- http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=18
- INCAP. (2005). Cereales y sus productos. *CADENA*, 5, 15. Recuperado el 11 de febrero de 2018, de file:///C:/users/user1/Dowloands/314-522-1-PB.pdf
- INTA. (2017). *Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de <http://www.inta.gob.ni/images/pdf/MORRALITOS-INTA/Morralito%20SORGO%20INTA%202017.pdf>
- Inta- Intsormil. (2009). Alternativas tecnológicas de la harina de sorgo. 2. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/index.php/component/booklibrary/101/view/55/plegablesINTA/95/alternativas-tecnologicas-de-la-harina-de-sorgo>
- Joshi, A., Liu, C., & Sathe, S. K. (Enero de 2015). Functional properties of select seed flours. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 325-331.
- Junta de Andalucía. (10 de Diciembre de 2013). Recuperado el 12 de marzo de 2018, de http://www.juntadeandalucia.es/defensacompetencia/sites/all/themes/competencia/files/fichas/pdf/7_Galleta.pdf
- Kissinger, G. (2012). *Estudio Físico químico del trigo*. Recuperado el 28 de marzo de 2018
- Laboratorio de tecnología de alimentos. (2010). Harina de sorgo para uso en la industria de la panificación. 36, 3. Recuperado el 1 de marzo de 2018, de <http://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs/36>
- Lezcano, E. (2009). *Materias primas y procesos de elaboración*. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=7>
- Logroño, M., Vallejos, L., & Benitez, L. (2015). Analisis Bromatologico, sensorial y aceptabilidad de galletas y bebidas nutritivas a base de una mezcla de quinoa, arveja, zanahoria y tocte. *Alimentos Hoy*, 23, 12. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de file:///C:/users/user 1/Dowloands/314-522-1-PB.pdf
- Márquez Siguas, B. M. (2014). *Cenizas y grasas*. Tesis, Arequipa- Perú. Recuperado el 2 de Diciembre de 2018, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Obando, I., & Reyes, L. (2011). *Determinacion de las propiedades funcionales de harinas de variedades de sorgo (sorghum bicolor.L)de grano entero pinolero-1 tortillero-precoz, e INTA-RCV*. Tesis, Universidad Autonoma de Nicaragua, Leon. Recuperado el 28 de febrero de 2018, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3582/1/219600.pdf>
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencome, H., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). *Caracterizacion y potencialidades del grano de sorgo(sorghum bicolor L. Moench)* (Vol. 33). Recuperado el 28 de febrero de 2018
- Puntual Consultores, S.L. (2009). Guia marco de practicas correctas. *Asociacion profesional de fabricantes de galletas de España.*, 126. Recuperado el 12 de febrero de 2018

- Ramírez, M. (2009). *Estudio de factibilidad de una planta semi industrial procesadora de cereales ubicada en el municipio del El Realejo*. tesis, León. Recuperado el 12 de Marzo de 2018
- Simsek, S. (27 de marzo de 2018). *Fluor Analysis- NDSU Wheat Quality & Carbohydrate Research*. Obtenido de <https://www.ndsu.edu/faculty/simsek/wheat/flour.html>
- Surco, J. C., & Alvarado, J. A. (2010). Harinas compuestas de sorgo -trigo para panificación. *Revista Bolivariana de química*, 27, 10. Recuperado el 28 de marzo de 2018
- Torpoco, N. (2014). *Evaluacion de la calidad panadera de cuatro lineas promisorias de trigo de la estacion experimental Santa Ana Inia-Huancayo*. Tesis. Recuperado el 28 de marzo de 2018
- YARA. (2019). Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/trigo/clasificacion-de-trigo/>
- Zeledón, H., Hernández, M., Ayala Morán, J., Guzmán, R., Borja, C., Alvarado de Torres, M., & Ruth, C. (2007). Guía Técnica del Sorgo. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*, 40. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de [http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos_basicos/GUIA TECNICA SORGO.pdf](http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos_basicos/GUIA_TECNICA_SORGO.pdf)

Anexos

Panel sensorial (Gutierrez, 2007)

Anexo 1. Análisis sensorial para galletas

Nombre: _____ **fecha:** _____

Por favor evalúe el siguiente producto marcando con una x en el lugar que mejor describa el parámetro a evaluar.

Apariencia: Color

Muestra	Claro	oscuro
719		
078		
757		
089		

Olor: Intensidad:

Muestra	Suave	intenso
719		
078		
757		
089		

Textura: Dureza con los dedos: tomar la muestra y tratar de quebrarla.

Muestra	Se dobla	Se quiebra
719		
078		
757		
089		

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Morder la galleta con los dientes incisivos y contestar lo siguiente:

Dureza: fuerza inicial requerida para cortar el alimento con los incisivos.

Muestra	Suave	Duro
719		
078		
757		
089		

Crocancia: ruido asociado a la fractura del producto.

Muestra	Nada	Poco	intenso
719			
078			
757			
089			

Sabor: Dulzor

Muestra	Simple	Dulce	Muy dulce
719			
078			
757			
089			

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Sensaciones Residuales: Sensaciones después de tragar.

Sabor Residual:

Muestra	Nada	Poco	Mucho
719			
078			
757			
089			

Aceitosidad: grado en la cual la boca se siente aceitosa.

Muestra	Nada	Poco	Mucho
719			
078			
757			
089			

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Evaluación de calidad de las galletas.

Por favor califique la calidad de las muestras recién evaluadas según la escala de valoración presentada.

Escala de Valoración (olor, sabor, textura, calidad total)

7 muy Bueno

6 bueno

5 satisfactorio

4 regular

3 defectuoso

2 malo

1 muy malo

Por favor evalúe el siguiente producto haciendo una x a su reacción según la escala adjunta.

Muestra: 719

Muestra	Olor	Sabor	Textura	Calidad total
719				
078				
757				
089				

Observaciones:

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Ahora evalúe la segunda muestra de la misma manera.

Muestra: 078

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor						
Textura						
Agrado general						

Observaciones:

Ahora evalúe la tercera muestra de la misma manera.

Muestra: 757

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor						
Textura						
Agrado general						

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Observaciones: _____

Evaluar cuarta muestra

Muestra: 089

	Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta levemente	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
Sabor						
Textura						
Agrado general						

Observaciones: _____

Evaluación de preferencia

Por favor evalúe los siguientes productos y señale cual prefiere, justifique su respuesta.

Muestras _____

¿Por qué la prefirió? _____

Muchas Gracias.

Anexo 2. Entrevista a comerciantes

La entrevista se realizará con el objetivo de conocer sobre la disponibilidad del sorgo en el mercado local por medio de este resultado garantizar la materia prima para nuestro proceso.

Nombre del comerciante _____

Ciudad de origen _____

Preguntas

- 1. ¿Dónde compra este producto?**
- 2. ¿Qué cantidades adquiere y con qué frecuencia?**
- 3. ¿A quién se le compra?**
- 4. ¿Cómo trasladan estas cantidades?**
- 5. ¿A qué precio adquiere el quintal de sorgo?**
- 6. ¿Cuántos quintales por semana recibe?**
- 7. ¿Cuál es la variedad de sorgo con mayor disponibilidad en el mercado?**
- 8. ¿Cuáles son los limitantes que afectan la comercialización de sorgo?**
- 9. ¿En su local ofrece la variedad de sorgo blanco (sorghum bicolor)? Si la respuesta es si pasar a la siguiente pregunta.**

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

Si _____

No _____

10. ¿Precio por quintal?

11. ¿Precio por libra?

12. ¿Existe la variación de precio conforme los meses del año?

Anexo 3. Análisis Granulométrico

Tabla 23. Análisis Granulométrico

Muestra 1

Muestra	N° de tamiz	Peso del tamiz	Peso (tamiz+muestra)	Materia retenida	Δxi (mi/mT)	Dp	Dpi ((Dpsup +Dpinf)/2))	$\Delta xi/Dpi$
Harina de sorgo 100 g	N° 20	395.5	401.5	6	0.06	0.85	0.725	0.082758621
	N° 30	399	438.5	39.5	0.395	0.6	0.5125	0.770731707
	N° 40	363	397.5	34.5	0.345	0.425	0.3625	0.951724138
	N° 50	348	364.5	16.5	0.165	0.3	0.225	0.733333333
	N° 100	336.5	340	3.5	0.035	0.15	0.15	0.233333333
Total				100				2.771881133

Muestra 2

Muestra	N° de tamiz	Peso del tamiz	Peso (tamiz+muestra)	Materia retenida	Δxi (mi/mT)	Dp	Dpi--- ((Dpsup+Dpinf)/2))	$\Delta xi/Dpi$
Harina de sorgo 100 g	N° 20	395.5	399.5	4	0.0406	0.85	0.725	0.056012603
	N° 30	399	428.5	29.5	0.2994	0.6	0.5125	0.584375387
	N° 40	363	397.5	34.5	0.3502	0.425	0.3625	0.966217399
	N° 50	348	373.5	25.5	0.2588	0.3	0.225	1.150592217

“Evaluación de la viabilidad del uso de la harina de sorgo como sustituto de la harina de trigo en la producción de galletas, en la ciudad de Estelí, Nicaragua”.

	N° 100	336.5	341.5	5	0.0507 61421	0.15	0.15	0.338409475
Total					98.5			3.095607081

Muestra 3

Muestra	N° de tamiz	Peso del tamiz	Peso (tamiz+ muestra)	Materia retenida	Δxi (mi/mT)	Dp	Dpi--- ((Dpsup+Dpinf)/2)	$\Delta xi/Dpi$
Harina de sorgo 100 g	N° 20	395.5	399	3.5	0.035353535	0.85	0.725	0.048763497
	N° 30	399	433	34	0.343434343	0.6	0.5125	0.670115792
	N° 40	363	401	38	0.383838384	0.425	0.3625	1.058864507
	N° 50	348	367	19	0.191919192	0.3	0.225	0.852974186
	N° 100	336.5	341	4.5	0.045454545	0.15	0.15	0.303030303
Total					99			2.933748286

Anexo 4. Características físicas de las galletas

Tabla 24. Características físicas inclusión 15%

Muestra 719 (15% sorgo)	Grosor cm	Altura cm	peso gr
1	1.5	4.5	16.0153
2	1.2	4.1	14.8864
3	1.3	4.3	14.1804
4	1.3	4.2	13.947
5	1.5	4	13.7553
Promedio	1.36	4.22	14.55688

Tabla 25. Características físicas inclusión 20%

Muestra 078 (20% sorgo)	Grosor cm	Altura cm	peso gr
1	1.3	4.3	12.1006
2	1	4.2	14.0608
3	1.4	4.5	15.7478
4	1.4	4.3	14.7109
5	1.4	4.2	11.6342
Promedio	1.3	4.3	13.65086

Tabla 26. Características físicas inclusión 25%

Muestra 757 (25% sorgo)	Grosor cm	Altura cm	Peso gr
1	1.3	4.3	12.7109
2	1.3	4.3	12.1742
3	1.2	4.4	10.29
4	1.1	4.3	10.1546
5	1	4.2	9.556
Promedio	1.18	4.3	10.97714

Tabla 27. Características físicas muestra testigo

Muestra 089 (testigo)	Grosor cm	Altura cm	Peso gr
1	1.4	4.2	12.7198
2	1.5	4	11.9238
3	1.5	4.2	11.71
4	1	4.2	11.7084
5	1.3	4.1	10.5416
Promedio	1.34	4.14	11.72072