

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
“Ezequiel Zamora”**



La Universidad que Siembra



**VICERRECTORADO
DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
ESTADO BARINAS**

**Jefatura de Estudios
Avanzados**

**EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICA DE GALLETAS
ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y
ALMIDON DE MAIZ, LIBRE DE GLUTEN**

**AUTOR: Ing. Andreina Valero
TUTOR: Msc. Gyzel Guillent.**

BARINAS, JUNIO 2022

Universidad Nacional Experimental
De los Llanos Occidentales
"Ezequiel Zamora"



La Universidad que siembra

Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social
Jefatura de Estudios Avanzados
Subprograma Ciencias del Agro y Mar
Maestría en Ingeniería Agroindustrial

**EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICA DE GALLETAS
ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y
ALMIDÓN DE MAÍZ, LIBRE DE GLUTEN**

Requisito parcial para optar al grado de
Magister Scientiarum

AUTOR: Ing. Andreina Valero

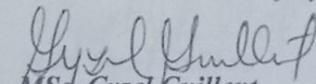
C.I: 20.629.870

TUTOR: Msc. GyzelGuillent

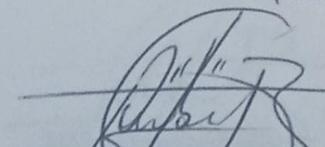
BARINAS, JUNIO 2022

ACTA DE ADMISIÓN

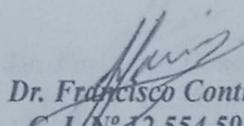
Siendo las 08:30 a.m. del día 27 de Septiembre del 2022, reunidos en la Sede del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social de la UNELLEZ, los profesores: **MSc. Gyzel Guillent** (Tutora Coordinadora UNELLEZ), **MSc. Rubén Morales**, (Jurado Principal UNELLEZ), **Dr. Francisco Contreras**, (Jurado Externo UPTJFR), titulares de las cédulas de identidad N°13.076.166, 11.238.327 y 12.554.599 respectivamente, quienes fueron designadas por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, según **RESOLUCIÓN N° CAEA/2022/07/11 DE FECHA: 20/07/2022, ACTA N° 09 ORDINARIA, N° 11** como miembros del Jurado para conocer el contenido del Trabajo de Grado titulado **"EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICAS DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y ALMIDON DE MAIZ, LIBRE DE GLUTEN"** presentado por la maestrante: **Andreina Valero** titular de la Cédula de Identidad N° 20.629.870 con el cual aspira obtener el Grado Académico de Magister Scientiarum en **Ingeniería Agroindustrial**; quienes decidimos por unanimidad y de acuerdo con lo establecido en el Artículo 36 y siguientes de la Normativa para la Elaboración de los Trabajos Técnicos, Trabajos Especiales de Grado, Trabajos de Grado y Tesis Doctorales y 54 del Reglamento de Estudios Avanzados Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" – UNELLEZ 2021, **ADMITIR** el Trabajo de Grado presentado y fijar la fecha de defensa pública, para el día 06 de Octubre del 2022 a las 8:00 am Dando fe y en constancia de lo aquí señalado firman:


MSc. Gyzel Guillent
C.I. N°13.076.166

(Tutora Coordinadora UNELLEZ)

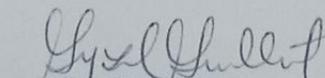

MSc. Rubén Morales
C. I. N° 11.238.327
(Jurado Principal UNELLEZ)

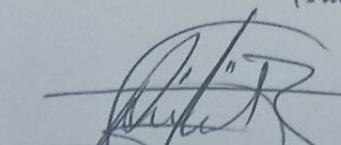



Dr. Francisco Contreras
C. I. N° 12.554.599
(Jurado Externo UPTJFR)

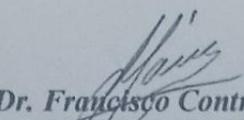
ACTA DE VEREDICTO

Siendo las 8:00 a.m. del día 06 de octubre del 2022, reunidos en la Sede del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social de la UNELLEZ, los profesores: **MSc. Gyzel Guillent** (Tutora Coordinadora UNELLEZ), **MSc. Rubén Morales**, (Jurado Principal UNELLEZ), **Dr. Francisco Contreras**, (Jurado Externo UPTJFR), titulares de las cédulas de identidad N°13.076.166, 11.238.327 y 12.554.599 respectivamente, quienes fueron designadas por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, según **RESOLUCIÓN N° CAEA/2022/07/11 DE FECHA: 20/07/2022, ACTA N° 09 ORDINARIA, N° 11** como miembros del Jurado para conocer el contenido del Trabajo de Grado titulado **"EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICAS DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y ALMIDON DE MAIZ, LIBRE DE GLUTEN"** presentado por la maestrante: **Andreina Valero** titular de la Cédula de Identidad N° 20.629.870 con el cual aspira obtener el Grado Académico de Magister Scientiarum en **Ingeniería Agroindustrial**; procedimos a dar apertura al acto de defensa y a presenciar la sustentación de dicho trabajo por la maestrante Con una duración de **Treinta (30) minutos**. Posteriormente, el ponente respondió a las preguntas formuladas por el jurado y defendió sus opiniones. Cumplidas todas las fases de la defensa, el jurado, después de sus deliberaciones, por unanimidad acordó **APROBAR** el Trabajo de Grado aquí mencionado. Dando fe y en constancia de lo aquí expresado firman:


MSc. Gyzel Guillent
C.I. N°13.076.166
(Tutora Coordinadora UNELLEZ)


MSc. Rubén Morales
C. I. N° 11.238.327
(Jurado Principal UNELLEZ)



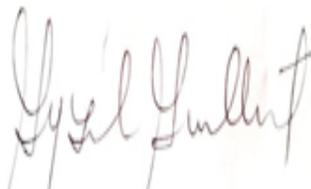

Dr. Francisco Contreras
C. I. N° 12.554.599
(Jurado Externo UPTJFR)

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Gyzel Guillent cédula de identidad N° V.- 13.076.166, hago constar que he leído el Trabajo de Grado Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICA DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y ALMIDÓN DE MAÍZ, LIBRE DE GLUTEN** presentado por la ciudadana: **Andreina Valero** Titular de Cédula de Identidad N° V.- 20.629.870, para optar al título de Magister en Ingeniería Agroindustrial y acepto asesorar al estudiante, en calidad de tutor, durante el periodo de desarrollo del trabajo hasta su presentación y evaluación.

En la ciudad de Barinas, a los 20 días del mes de Junio de 2022.

Nombre y Apellido: Gyzel Guillent



Firma de aceptación del tutor

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a quienes formaron parte de este sueño, aquellos que junto a mi caminaron siendo apoyo y fortaleza. No ha sido sencillo hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor y a su inmensa bondad he podido culminar mis metas. Hoy doy gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, te doy gracias padre celestial por lo hermosa de vida y lo justa que puede ser.

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial a mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida. A si mismo agradezco a mis hermanos por acompañarme y ser esa mano amiga cuando más lo necesitaba.

Agradezco a Dios por los maravillosos hijos quienes son mi mayor motivación para levantarme cada día a seguir luchando por ellos. Agradezco porque en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia por eso doy gracias a mi esposo por su infinito amor e incondicional apoyo, por ser mi soportes en las caídas.

Quiero expresar mi agradecimiento a nuestra institución la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora por la formación que me ha brindado, a mi tutora la Mcs. Gyzel Guillent, por sus consejos, por su dedicación y sobre todo por ofrecer sus conocimientos durante el desarrollo del trabajo. De igual manera al profesor José Carmelo por su apoyo incondicional y a Industrias Galletera Trigo de Oro por abrirme las puertas de sus instalaciones.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso creador de la vida dedico este trabajo por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar lo bueno o malo de mis decisiones, tu bendición a lo largo de mi vida me protege y me han guiado por el camino del bien.

A mis hijos por ser la motivación que necesito para levantarme cada día de mi vida a luchar por un mejor futuro, para ser ejemplo a seguir durante su crecimiento, a mi compañero de vida por estar presente cuando más lo necesito, a mis hermanos porque de una manera u otra forman parte de mi vida y de mi crecimiento como persona y como profesional.

Índice

	Pg.
Introducción.....	1
Capítulo I	5
El Problema.....	
Planteamiento Del Problema.....	5
Formulación Del Problema.....	9
Objetivos	10
Objetivo General.....	10
Específicos.....	10
Justificación De La Investigación.....	10
Capítulo II	
Marco Teórico	
Antecedentes De La Investigación.....	13
Bases Teóricas.....	16
Formulación Del Sistema De Hipótesis	
Hipótesis De Investigación.....	33
Hipótesis Estadística.....	33
Formulación Del Sistema De Variables.....	33
Capítulo III	
Marco Metodológico	
Tipo De Investigación.....	35
Fases De La Investigación.....	35
Fase 1: caracterización de la materia prima, con el fin de detectar impurezas, acidez titulable y humedad en las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz.....	35
Fase 2: Analizar Las Respuestas Sensoriales; Color, Olor, Textura Al Paladar Y Gusto, De Los Diferentes Tratamientos De La Galleta, Utilizando Superficie De Respuesta.....	37
Técnicas De Recolección De Datos.....	40
Capítulo IV	
Análisis De Resultados	
Caracterización De La Materia Prima, Con El Fin De Detectar Impurezas, Acidez Titulable Y Humedad En Las Harinas De Arroz, Amaranto Y Almidón De Maíz.....	51
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	76
Referencias Bibliograficas.....	77

Índice De Tablas Y Figuras

	Pg
Tabla 1.	
Galletas Y Perfil Del Consumidor.....	20
Tabla 2.	
Valor Nutricional De La Harinas De Arroz.....	22
Tabla 3.	
Valor Nutricional Del Amaranto.....	25
Tabla 4.	
Sistema De Variables Del Diseño Experimental.....	34
Tabla 5.	
Matriz “D” De Diseño Codificada Para Tres Factores, Experimentales Y 15 Tratamientos.....	38
Tabla 6.	
Matriz De Correlación Para El Modelo Poblacional Planteado (Modelo Lineal Múltiple Cuadrático Con Interacciones De Primer Orden).....	38
Tabla 7.	
Matriz “D” De Diseño Box-Behnken Para 3 Factores Experimentales, Para 13 Tratamientos Diferentes Y Tres Puntos Centrales (Pc) Adicionales, Con Las Respuestas Y ₁ : Color, Y ₂ : Olor, Y ₃ : Textura Al Paladar Y Y ₄ : Gusto. (Matriz “D” Codificada).....	40
Tabla 8.	
Niveles O Dosis De Los Factores Experimentales.....	41
Tabla 9.	
Matriz “D” De Diseño Box-Behnken Natural Para 3 Factores Experimentales, Para 13 Tratamientos Diferentes Y Tres Puntos Centrales Adicionales, Natural En Gramos, Con Las Respuestas Y ₁ : Color, Y ₂ : Olor, Y ₃ : Textura Al Paladar Y Y ₄ : Gusto.....	41
Tabla 10	
Métodos Determinar Aspectos Físicos De Las Galletas.....	49
Tabla 11.	
Resultado De La Caracterización De La Harina De Arroz.....	51
Tabla 12	
Resultado De La Caracterización Del Almidón De Maíz.....	52
Tabla 13	
Resultado De La Caracterización De La Harina De Amaranto.....	52
Tabla 14	
Análisis De La Varianza Del Modelo Poblacional Para La Respuesta Color.....	57
Tabla 16	
Análisis De La Varianza Del Modelo Poblacional Para La Respuesta Olor.....	60
Tabla 17	
Análisis De La Varianza Del Modelo Poblacional Para La Respuesta Textura	

Al Dente.....	64
Tabla 18	
Análisis De La Varianza Del Modelo Poblacional Para La Respuesta Gusto.....	67
Tabla 19	
Caracterización Físicoquímica De Las Galletas, Tratamiento (T- 6).....	72
Tabla 20	
Requerimientos Microbiológicos Del Producto Galletas Del Tratamiento (T- 6), Con Harinas Compuestas.....	72



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
JEFATURA DE ESTUDIOS AVANZADOS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICADE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y ALMIDON DE MAIZ, LIBRE DE GLUTEN

Autor: Ing. Andreina Valero

Tutora: Gyzel Guillent

Año: 2021

RESUMEN

Debido a la gran falta de productos libres de gluten se plateo la evaluación de las respuestas tecnológica de galletas elaboradas con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten, para obtener un producto con mayor valor nutricional y mejorar las características físico químicas y sensorial. Por lo que se realizó una investigación de carácter experimental, estadísticamente diseñada, bajo condiciones controladas en laboratorio, desarrollada en cuatro fases. La primera fase se caracterizó la materia prima para determinar porcentaje de impurezas, acidez titulable y humedad en las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz. La segunda fase se analizó las respuestas sensoriales de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando superficie de respuesta para (3) factores experimentales con 5 repeticiones y un total de 15 tratamientos que fueron evaluados por un panel semientrenado. Para el análisis de los datos se utilizó regresión lineal múltiple cuadrática con interacciones de primer orden y análisis de varianza (ANAVAR). Para la tercera fase se aplicó, regresión logística y optimización multiobjetivo, de perfiles de predicción dinámicos, métodos de perfiles de calidad de deseabilidad difusa. Así mismo se alcanzó que la co-optimización predijo que la condición de mayor deseabilidad por el panel semientrenado fue de 60 gr de harina de arroz, 16,39 gr harina de amaranto y 15,10 gr. de almidón de maíz siendo que el tratamiento que más gusto fue el número 6, con valores de composición de $X_1 = 60$ gr., $X_2 = 15$ gr. y $X_3 = 15$ gr., los cuales son bastante cercanos a los predicho por la co-optimización estadística de parámetros de calidad y deseabilidad obteniendo una galletas con características físicas química que cumple con los requerimientos mínimos establecidos en las normas COVENIN 1483:2001.

Palabras claves: Harina de amaranto, Harina de Arroz, Evaluación sensorial.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
JEFATURA DE ESTUDIOS AVANZADOS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIA

**EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS TECNOLÓGICADE GALLETAS
ELABORADAS CON HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ, AMARANTO Y
ALMIDON DE MAIZ, LIBRE DE GLUTEN**

Autor: Ing. Andreina Valero

Tutora: Gyzel Guillent

Año: 2021

ABSTRACT

Due to the great lack of gluten-free products, the evaluation of the technological responses of biscuits made with flours composed of rice, amaranth and corn starch, gluten-free, was proposed to obtain a product with greater nutritional value and improve physical characteristics. chemical and sensory. Therefore, an experimental research was carried out, statistically designed, under controlled conditions in the laboratory, developed in four phases. The first phase was characterized the raw material to determine the percentage of impurities, titratable acidity and humidity in the rice flour, amaranth and corn starch. The second phase was analyzed the sensory responses of the different biscuit treatments, using response surface for (3) experimental factors with 5 repetitions and a total of 15 treatments that were evaluated by a semi-trained panel. Quadratic multiple linear regression with first order interactions and analysis of variance (ANAVAR) were used for data analysis. For the third phase, logistic regression and multiobjective optimization of dynamic prediction profiles, methods of quality profiles of diffuse desirability were applied. Likewise, it was reached that the co-optimization predicted that the condition of greatest desirability for the semi-belly panel was 60 gr of rice flour, 16.39 gr of amaranth flour and 15.10 gr. of corn starch, being that the treatment that was the most taste was number 6, with composition values of $X_1 = 60$ gr., $X_2 = 15$ gr. and $X_3 = 15$ gr. which are quite close to those predicted by the statistical co-optimization of quality and desirability parameters, obtaining a biscuit with chemical physical characteristics that meets the minimum requirements established in the COVENIN 1483: 2001 standards.

Keywords: Amaranth flour, Rice flour, Sensory evaluation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha venido preparando diversas variedades de productos gracias a los avances tecnológicos que han permitido optimizar los procesos productivos, esto de la mano de la calidad de las materias primas a utilizar. Debido a una gran problemática en cuanto la obtención de algunas materias prima como lo es la harina de trigo donde el Presidente la Federación Venezolana de Industriales de la Panificación y Afines (Fevipan, 2018), Tomás Ramos López confirmó la crítica situación que atraviesan las panaderías. Informó que la escasez de harina ronda el 30% y afirmó que se trata “de un problema multifactorial que se viene arrastrando hace varios años”.

Por otra parte existe una estrecha relación entre la salud y la alimentación. Desde hace más de dos décadas, la industria de alimentos ha tenido un crecimiento acelerado en materia de tecnología alimentaria y en la mejora de la calidad nutricional de los alimentos (Nava Ignacio.2012); razón por la cual se desarrollan productos con modificaciones en su composición por disminución, eliminación o adición de nutrientes con la finalidad de contribuir a evitar deficiencias y prevenir excesos perjudiciales para la salud (NOM-086-SSA1, 1994).

Incluso se ha definido el término alimentos para Regímenes Especiales como dietas en las cuales se requieren alimentos elaborados o preparados especialmente para satisfacer necesidades particulares de alimentación, determinadas por condiciones físicas o fisiológicas particulares y/o enfermedades o trastornos específicos, así como es el caso de la enfermedad celiaca o personas intolerantes al gluten. Esta enfermedad Celíaca (EC), es una intolerancia permanente al gluten, más específicamente a la fracción proteica prolamina, que podemos encontrar en cereales como: el trigo (gliadina), el centeno (secalina), la cebada (hordeína) y la avena (avenina) (Lorenzo *et al*, 2007).

Así que la ingestión de estas proteínas en individuos genéticamente predispuestos produce una atrofia de las vellosidades intestinales impidiendo la

correcta absorción de los nutrientes (Ali *et al.*, 2006). Siendo los síntomas clásicos de la enfermedad celiaca la distensión abdominal, anorexia, diarrea crónica o recurrente, retraso del crecimiento o pérdida de peso, vómitos, pérdida de masa muscular, crisis celiaca (raro), y fatiga (Catassi y Fasano, 2008).

En los últimos años ha aumentado significativamente el diagnóstico de pacientes con celiacía, lo cual puede deberse a una mejora de la sensibilidad de los métodos de detección, una mayor conciencia de la enfermedad y a un aumento real del trastorno. Se estima que en Estados Unidos la prevalencia de la enfermedad es del 0,8% (Fasano *et al.*, 2003) y en la Unión Europea entorno al 1%, aunque varía según el país, siendo el principal afectado Finlandia con el 2,4% (West *et al.*, 2003; Mustalahti *et al.*, 2010), según la Fundación Celiaca de Venezuela aún no se cuenta con una estadística exacta de estos pacientes celiacos (Rosisella P. 2018), más sin embargo se estima que existe 1 de cada 100 individuos con la enfermedad celiaca, contando que un 99% no sabe por desconocimiento de la enfermedad.

Se ha extendido la creencia de que las dietas sin gluten son más saludables, y ayudan a sentirse más energético y a controlar el peso (Joana S. 2016). Por este motivo podría representar uno de los más prósperos dentro del campo de los alimentos y bebidas en un futuro inmediato (Miranda *et al.*, 2014). Actualmente las empresas han adquirido un gran interés en la obtención de diferentes alimentos libres de gluten con ingredientes beneficiosos para la salud (como fibras, antioxidantes y/o minerales), así como la mejora del producto final en términos de aceptación sensorial y propiedades funcionales potenciales (Burlucet *et al.*, 2012).

Por otra parte se tiene una necesidad de poder sustituir el trigo de algunos alimentos ya que por ser un cereal importado incrementa sus costo, por tanto utilizar materia prima nacional es de beneficio para algunos empresarios que se dedican a la elaboración de productos de repostería donde su ingrediente base es la harina de trigo que es utilizada por sus grandes aporte pues esta es parte fundamental de la estructura y el volumen que necesitamos para que estos productos se horneen de forma correcta.

Es de aquí el interés de elaborar productos que no solo cumpla con la demanda de los pacientes intolerantes al gluten sino que también logre alcanzar un nivel de agrado en cuanto a sus características sensoriales, además que se pueda sustituir sin alterar significativamente la estructura y características físicoquímicas de aquellos alimentos que por lo general son elaborados con harina de trigo.

Como parte de una solución se implementan productos alimenticios elaborados a base de harinas compuestas. El término de harinas compuestas fue creado en 1964, por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de sustituir el trigo por la falta de cosecha de algunos países, la definición de harina compuesta, de acuerdo a lo expresado en un principio por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos sustituyendo el trigo para productos como el pan, pastas, tortas y galletas.

Dentro del grupo de harinas compuestas se tienen combinaciones como lo es las harinas de arroz, harina de yuca, harina de batata, harinas de almendras, harinas de amaranto, harinas de féculas de maíz; entre otras; estas harinas combinadas tienen un gran valor nutritivo, según lo expuesto por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, (Luis G.2012). Con respecto a las harinas compuesta y la calidad nutricional, las formulaciones basadas en arroz tienen alto contenido en vitaminas, minerales, proteínas y fibra alimentaria (Sciariniet *al* 2010; Thompson *et al.*, 2005). Otros autores se han centrado en la mejora nutricional de galletas.

Así como la harina de arroz existen otros tipos de harinas que aún no han sido aprovechadas tecnológicamente para la inclusión de algunas recetas como lo son las galletas, pastas y tortas, tal como la harina de amaranto que aporta grandes beneficios a la salud y es especial para elaboración de productos pasteleros y se presenta como una alternativa de consumo para los pacientes celíacos ya que no contiene gluten.

El Amaranto (y la harina de amaranto) es uno de los alimentos maravilla de la naturaleza. De acuerdo con la organización México Tierra de Amaranto AC, es

altamente rico en fibra, hierro, vitamina A y C, así como en calcio y magnesio, contiene un alto porcentaje de aminoácidos esenciales (proteínas), incluyendo lisina, que es un aminoácido esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse en la mayoría de los cereales, (Kirschbaum R, 2017). En el caso del almidón de maíz que combinado con estas harinas libre de gluten como la harina de arroz mejora la estructura de los productos pasteleros así como lo son las tortas, galletas e incluso algunas pastas, (Zanizdra V. 2016).

Razón por el cual se recomienda realizar investigaciones que permitan satisfacer las necesidades de sustituir el trigo por otros cereales que permitan un desarrollo en los productos reposteros y que además funcione como alternativa de consumo para pacientes intolerantes al gluten, utilizando ingredientes saludables, con menor costo que se puedan incluir dentro de la dieta. Por tal motivo se plantea la Evaluación Tecnológica de Galletas a Base de Harina Compuesta de Arroz, Amaranto y Almidón de Maíz libre de gluten, a fin de medir el nivel agrado en cuanto a sus características sensoriales y que a su vez cumpla con los estándares de una galleta comercial.

Es aquí el informe final presentado en cuatro capítulos. En el capítulo I el planteamiento del problema, objetivos de la investigación y justificación, continuando con el capítulo II desglosado en las bases teórica requerida para fortalecer la investigación, de la misma manera se describen algunas condiciones del proceso de la elaboración del producto, el sistema de hipótesis y las variables planteadas para el diseño experimental.

Por otra parte el capítulo III enmarcado a la metodología de la investigación, detallando el tipo de investigación, diseño, métodos, instrumentos y métodos de recolección de datos y finalmente el capítulo IV con los resultados de la investigación para los objetivos propuestos.

CAPÍTULO I.1. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia la humanidad ha buscado el avance en tecnología innovando cada día en diseños de planta para optimizar y garantizar productos de calidad con menor costo, los grupos poblacionales tienen necesidades y requerimientos nutricionales y sensoriales diferenciados. Comprender los gustos y prioridades de los usuarios es una ventaja competitiva en el desarrollo de nuevos productos y una base imprescindible, sobre todo cuando hablamos de diseñar alimentos específicos y enfocados a mejorar o mantener la salud de los diferentes grupos de población, (Blanca Viadel, 2017).

Las galletas son parte de una merienda y contribuye un sector sustancial de las industrias de alimentos, la categoría de galletas es atractiva y madura y en ella se siguen procesos tradicionales, pero también presenta muchos retos significativos, (Lina G. 2018). El mercado de estos productos reposteros se ha venido incrementando en los últimos siglos donde se puede apreciar gran variedad en cuanto a características sensoriales y nutricionales nos referimos, la cual abre las oportunidades de crecimiento ya que existe una demanda conocida para este aperitivo, (Mariana V. 2017).

Este grupo alimenticio se caracteriza por sus ingredientes que son básicamente harinas de trigo, azúcar, manteca y algunos saborizantes. Uno de los estudios de los alimentos es desarrollar la capacidad para preparar y servir alimentos más apetitosos y que sustente las necesidades de acuerdo a las diferentes exigencias.

El ingrediente principal para la elaboración de estos productos reposteros es la harina de trigo, el cual se caracteriza por su alto contenido de gluten, dicha proteína favorece al desarrollo de productos pastelero, Esta materia prima generalmente es costosa ya que el trigo es importado, también existe una limitante ya que este rubro

se puede ver afectado fácilmente por condiciones climáticas la cual es una problemática para cumplir con la demanda en su totalidad Rosa Q. (2014).

El pronóstico de la FAO acerca del comercio mundial de cereales en 2018/19 se ha reducido en 2 millones de toneladas desde 2018, situándose en poco más de 413 millones de toneladas. Con casi 171 millones de toneladas, el pronóstico sobre el comercio mundial de trigo se ha recortado en alrededor de 800 toneladas desde tiempos pasados, debido principalmente a menos adquisiciones de las previstas, anteriormente por parte de varios países asiáticos y sudamericanos. De confirmarse este nivel, el comercio mundial de trigo se reduciría en un 3,3 % respecto del nivel récord de 2017/18. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

En cuanto a términos de salud existen algunas personas que son intolerantes al gluten, por el cual consumirlo es riesgoso y afecta su calidad de vida, las harinas refinadas hacen parte de la alimentación regular de millones de personas en todo el mundo y, aunque se han hecho advertencias sobre su consumo, muchos aún desconocen cuán perjudiciales pueden ser para la salud. Este producto atraviesa una serie de procesos industriales que, por desgracia, reduce su calidad nutricional y propiedades. Si bien en cantidades mínimas no causan efectos significativos, su ingesta excesiva y frecuente puede producir algunas reacciones indeseadas en el organismo, tal es el caso de las personas intolerantes al gluten o pacientes celíacos, (Chappard, 2017).

El diagnóstico que se le da a estos pacientes es celíacos, es una enfermedad digestiva que se da por los niveles elevados de anticuerpo contra el gluten, esta enfermedad causa daño fuertes, por el cual los pacientes celíacos deben evitar de consumir alimentos que contengan gluten. El tratamiento de esta patología es exclusivamente dietético y consiste en la eliminación de los cereales: trigo, cebada y centeno y de los productos elaborados a partir de sus harinas (Rodríguez, 2010). La ingesta de estas prolaminas provoca una severa lesión en la mucosa del intestino

delgado (atrofia vellositaria) y los predispone, si no cumple con la dieta a complicaciones presentes o futuras.

Un niño celíaco puede tener dolor abdominal, diarrea, no crecer ni aumentar de peso, náuseas, falta de apetito, anemia, llagas en la boca y dermatitis alérgica. En las etapas avanzadas, el niño puede volverse desnutrido con o sin vómito y diarrea. Los adolescentes pueden llegar a la pubertad con estatura muy baja. La enfermedad celíaca podría causar pérdida de cabello. Los adultos pueden tener una sensación general de mala salud, fatiga, irritabilidad y depresión (AproNicolas, 2009, p.45).

Los pacientes con celiaquía tienen pocas opciones de productos elaborados sin gluten, debido a que el sector industrial ligado a la fabricación de alimentos sin TACC se enfrenta a situaciones adversas, como son el empleo de tecnología no adecuada, obliga al productor a incorporar aditivos o ingredientes adicionales que generan mayor costos, con el fin de lograr características funcionales y sensoriales similar a productos con gluten, (AproNicolas, 2009).

Debido a los antecedentes de riesgo que presentan los pacientes celíacos, en Venezuela se crea una Fundación Celiaca, en función de mejorar la vida de las personas que padecen esta condición, realizan una propuesta de Ley de Protección al Celíaco en la Asamblea Nacional vigente en fecha 03 de marzo del 2013; siendo el 07 de junio del 2016 la aprobación en 1^{era} discusión de esta ley (Transparencia Venezuela, 2016 Dip. Oswaldo Vera).

Aunado a ello, tras diversas reuniones y mesas de trabajo se aprobó un método oficial para detectar el gluten en alimentos y medicinas (El Universal, Santana Sther. 2016) una vez se aprueba esta ley se establece la norma COVENIN 2952:2001, que se refiere al rotulado de alimentos envasados, donde se establecen requisitos obligatorios que contempla la declaración de los ingredientes que pueden causar

hipersensibilidad, tales como, cereales que contienen gluten. De igual manera hace referencia de los productos que por el proceso tecnológico pudieran contener trazas de algunos de los ingredientes que causen hipersensibilidad, deben incluir en el rótulo una advertencia sobre su posible presencia.

Por eso es la importancia de incluir dentro de nuestra alimentación productos que nos permitan mejorar la calidad de vida, en la cual se puede tener como alternativa las harinas compuesta considerando mejorar las opciones del consumo de productos de pastelería que permitan satisfacer las necesidades de los pacientes intolerantes al gluten, y que a su vez se puedan incluir materias primas nacionales como las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz, la cual aportan grandes propiedades nutricionales en nuestros cuerpos y además no contienen gluten, según lo expuesto por la Asociación Celiaca del Uruguay, (Aristimuño M, 2012).

La harina de arroz se caracteriza por su alto contenido de fibra y aminoácidos como la lisina y las vitaminas A y B entre otras; la ingesta de estas vitaminas permite un desarrollo y mantenimiento del organismo, por lo que su consumo es obligatorio para mantener una buena salud, ya que el consumo de dicha vitamina es un potente antioxidante que sirve para evitar el envejecimiento prematuro (proteger el tejido conectivo de los vasos sanguíneos), facilita la absorción de otras vitaminas minerales y algunos aminoácidos esenciales para el cuerpo, evita las enfermedades degenerativas tales como arteriosclerosis, cáncer, enfermedad de Alzheimer, evita las enfermedades cardíacas, por lo cual es una alternativa de consumo por su alto valor nutricional, (Mariola B, 2017).

Por otra parte tenemos la harina de amaranto, utilizado como alimento, dado que su valor nutritivo es equivalente al de la espinaca, pero va mucho más allá, sus hojas y tallos poseen un potencial de oxigenación cerebral y corporal superior incluso a muchos medicamentos, es antiinflamatorio, previene el cáncer, combate la fatiga y el estrés. El componente principal de esta semilla son los hidratos de carbono (59%),

la gran mayoría de los cuales se encuentran en forma de almidón, y no vienen acompañados de gluten como ocurre en otros cereales

Al amaranto se le considera un producto de origen vegetal muy completo ya que es una de las fuentes más importante de proteínas (16%). Según la FAO y la OMS, sobre un valor proteico ideal de 100% el amaranto posee 75%, la leche vacuna 72%, la soja 68%, el trigo 60% y el maíz 44%, este rubro contiene incluso el doble de proteínas que el arroz. Tiene un excelente balance de aminoácidos, minerales y vitaminas naturales: A, B, C, B1, B2, B3, (Niedlinger B, 2017). La harina de amaranto combinado con la harina de arroz y el almidón de maíz se puede considerar como una alternativa o solución para la elaboración de estos productos de repostería que generalmente son elaborados con harina de trigo, (Judith U, 2016).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La harina de trigo es el ingrediente esencial para la elaboración de alimentos como galletas, ya que tiene un alto contenido de gluten que favorece en la estructura y desarrollo del producto, hoy en día existe la necesidad de buscar alternativas que permitan sustituirlo debido a la gran problemática existente en cuando su obtención.

Históricamente Venezuela había sido uno de los países del mundo con mayor consumo de trigo y pastas per cápita. Las evaluaciones de pérdidas de granos producidas durante la cosecha, son consideradas muy elevadas. Llevadas al plano económico representan una disminución en la producción anual del orden de las 4,6 millones de toneladas (un 5,5 % de la producción bruta). Por lo tanto es de interés incorporar otras harinas en recetas de galletas que permitan cumplir con los estándares de calidad que nos ofrece la harina de trigo.

Por otra parte está la necesidad de brindar alimentos que no solo puedan cumplir con sus características sensoriales y fisicoquímicas, sino que además nos aporte un valor nutritivo, tal es el caso de las harinas de arroz, amaranto y almidón de

maíz, que tiene un gran aporte de vitaminas y minerales esenciales para el ser humano. Por tanto es importante buscar respuestas a las siguientes interrogantes

¿Cuál será el comportamiento tecnológico de galletas elaboradas con harinas compuestas a partir de la harina de arroz, amaranto y almidón de maíz, presentado como una alternativa alimenticia para pacientes celíacos y como un sustituto de la harina de trigo para la formación estructural de productos reposteros? ¿Será igual la características sensoriales de una galleta elaborada con harinas compuesta de arroz, amaranto y almidón de maíz?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar las respuestas tecnológica de galletas elaboradas con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten. Para obtener un producto con mayor valor nutricional y mejorar las características físico químicas y sensorial con aceptabilidad al consumidor.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Caracterización de la materia prima, con el fin de detectar impurezas, acidez titulable y humedad en las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz.

1.3.2.2. Determinar las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando superficie de respuesta.

1.3.2.3. Comparar las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando optimización multiobjetivo, con el fin de determinar la combinación de mayor aceptación.

1.3.2.4. Analizar la caracterización fisicoquímicamente del tratamiento que tenga mejor aceptación por el panel de consumidores, con el fin de conocer su desarrollo tecnológico.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para las agroindustrias es importante evaluar las respuestas tecnológicas de galletas elaboradas con harinas no convencionales que permitan mejorar la calidad y las características sensorial y nutricional, al tiempo que se reduce su costo por presentar materias prima nacional. Un reto que sólo podrá lograrse si empresas agroalimentarias y centros de investigación trabajan de la mano.

Es por ello que el éxito obtenido en esta investigación permite entre otras, el aprovechamiento de las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz, como ingrediente esencial para la elaboración de alimentos como galletas, ya que no tiene gluten pero que favorece en la estructura y desarrollo del producto.

Lo nuevo de este producto es la unión de materias primas poco convencional como lo es el caso de la harina de amaranto, la cual es un rubro que por desconocimiento la mayoría de los consumidores descartan sin saber de los grandes beneficios que este cereal aporta a la salud, de la misma manera el riesgo tecnológico que representa utilizar materia prima en productos repostero que generalmente necesitan de los aportes estructurales que les brinda la harina de trigo.

De tener éxito la investigación, entonces se generará un producto de alto valor nutricional para consumo humano con características sensoriales aceptables al consumidor. Actualmente se tienen productos libres de gluten, pero con gran deficiencia se encuentran en los anaqueles de los supermercados, ya que la disponibilidad sin gluten representan un costo elevado debido al déficit en el mercado, en cuanto a los aperitivos como las galletas son poco comercializados ya que algunas empresas se han limitado en innovar con estos productos debido a que representa un reto tecnológico al incorporar materia prima que no posean las características comúnmente conocidas por el consumidor.

El marco investigación puede contribuir en el desarrollo de las agroindustrias, permitiéndoles nuevas alternativas para el rendimiento y mejora de calidad en la

elaboración de galletas libres de gluten y que a su vez aporte propiedades como lo son las vitaminas y el porcentaje de fibra que caracteriza a las harinas de arroz y harina de amaranto.

Así mismo la presentación de la investigación contribuye a una alternativa o solución del problema planteado, en lo bondadoso, económico y nutricional, gracias a su aporte científico tecnológico enmarcado en las líneas de investigación de postgrado de la UNELLEZ, como lo es la normativa para la elaboración de los trabajos técnicos, trabajos especiales de grado, trabajos de grado y tesis doctorales actualizado en el año 2009 destinada a la evaluar las respuestas tecnológica de galletas elaboradas con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten como proyecto de seguridad alimentaria de la Nación.

Desde el punto de vista social contribuye al cooperativismo por la integración de los medianos y pequeños productores que se encargan de preparar galletas de forma artesanal. Se presenta como nueva opción de productos pasteleros, ya que muchos desconocen de estas harinas, que de igual manera pueden ser agradables al paladar y saludables.

Los resultados obtenidos tienen validez para la mezcla de harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten, sin embargo puede ampliarse a otros tipos de cereales leguminosas cultivadas en el estado Barinas u otro estado.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

La investigación esta proporcionada por una serie de documentación que nos permite desarrollar y ejecutar el proyecto, determinando las variables de estudios, y sustentando a través de un marco conceptual y antecedentes, que permiten reforzar los objetivos planteados.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Callejo y Tesfaye (2012), Investigadores de la UPM desarrollan una galleta, elaborada a partir de harina de teff, dadas sus características nutricionales, ideal para deportistas, diabéticos y personas con anemia. El objetivo del trabajo se centraba en estudiar el efecto de la sustitución de harina de arroz por distintos niveles de proteína y almidón en la calidad de las galletas sin gluten. Los resultados de la investigación mostraron que la incorporación de proteínas en la formulación produjo un aumento de los valores de las variables relativas a las propiedades de hidratación, mientras que el almidón causó el efecto contrario. Se encontró una relación entre las propiedades de hidratación, la reología de las masas y las dimensiones de la galleta, de manera que al aumentar el contenido en proteínas la masa era más consistente y las galletas tenían menor diámetro y altura, eran más coloreadas y menos duras.

El método utilizado para la investigación se inició a partir de la caracterización de las diferentes mezclas harina-almidón-proteína analizando sus propiedades de hidratación y absorción de aceite. La capacidad de hinchamiento (Swelling volumen, SV), o volumen ocupado por un peso conocido de muestra, se determinó mediante la adición de 100 ml de agua destilada a 5 g (\pm 0,1 g) de la muestra de harina-almidón-proteína en un tubo de ensayo y permitiendo su hidratación durante 24 h. La capacidad de retención de agua (WHC), definida como la cantidad de agua retenida por la muestra sin ser sometida a ningún tipo de estrés, se determinó sobre la misma suspensión utilizada para evaluar la capacidad de hinchamiento, pesando el sólido hidratado una vez eliminado el exceso de agua. Los valores obtenidos se expresaron como gramos de agua por gramo de sólido (Método

AACC 88-04; AACC, 2012). En conclusión se tiene que en la cata llevada a cabo por jueces expertos, tienen unas propiedades sensoriales únicas (tanto en nariz como en boca) a un precio más bajo que el de los productos que normalmente se comercializan para los segmentos de población aludidos anteriormente. Además, su producción no implica costes adicionales de adaptación de las infraestructuras de las fábricas de galletas por lo que, una vez patentado, es previsible que este producto se lleve al mercado en un plazo corto de tiempo.

Se encontró que Toaquiza Vilca, Nelly Alejandra (2012), presentan como propuesta de investigación la elaboración de galletas para determinar el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto y panela y su factibilidad en la elaboración de galletas. Se trabajó con mezclas de harinas de trigo y harina de amaranto en proporciones de 85:15, 75:25 y 60:40%, y panela 20, 28 y 35% para la elaboración de las galletas, las cuales fueron evaluadas a través de análisis de textura (Dureza y TDT) y sensoriales para la determinación del mejor tratamiento. El tratamiento a1b2 (25% harina de amaranto: 75% harina de trigo y 35% panela) correspondiente al mejor tratamiento, presentó una dureza de 1027.25 gramos-fuerza (g-f) y 15.08 mili-Joule (mJ) de Trabajo Dureza Terminado y atributos sensoriales como el color, textura y dulzor, los cuales tuvieron valor significativo según la percepción de los catadores.

La harina de amaranto y panela son ingredientes que contribuyeron a mejorar la calidad nutricional de las galletas, con un 10.07% de proteína y 1.8% de cenizas, en comparación a otros productos que existen en el mercado. La estimación de vida útil de las galletas evaluadas físico-químicamente a condiciones aceleradas, indica que el producto está apto para el consumo hasta los 3 meses aproximadamente, tiempo en el cual alcanza un porcentaje de humedad aceptable para galletas simples del 6%. De acuerdo al análisis económico se encontró que el precio de venta al público del mejor tratamiento a1b2 (25% harina de amaranto: 75% harina de trigo y 35% panela), es de \$1.57 la presentación de 220 gr de galletas, incluido la utilidad del 25%, precio que es accesible y competitivo a los productos expendidos en el mercado local.

Como parte de la investigación se encontró que Ortega Guerrero Hernández (2013), en la Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cali, Colombia. Desarrolló un producto (galletas) libre de gluten a base de una harina compuesta de maíz, arroz y quinoa, obtuvieron las harinas de maíz y quinoapormolienda y se adicionó harina de arroz comercial, analizando granulométricamente cada harina para utilizar diferentes concentraciones determinando la capacidad de absorción de agua de cada una de la misma, determinado con ello la formulaciones para un buen desarrollo del producto.

El método de estudio de dicha investigación fue clasificar los tamaños de partícula de las harinas a través de un juego de tamices de la serie Talyer (14, 30, 60, 100, 200 y fondo). La granulometría se determinó agitando 200 g de muestra en el equipo de tamizado Ro-tap durante 30 minutos. Harinas y mezclas Se realizó el análisis por regresión lineal simple, al 95% del nivel de confianza, teniendo como unidad experimental las mezclas de las harinas (maíz; arroz; quinua). Las galletas se elaboraron a base de harina de maíz, arroz y quinua donde la de mayor inclusión es la de maíz La formulación se desarrolló teniendo en cuenta las referencias bibliográficas de Rodrigues, et al., 2009, Granato, et al., 2007 y Reátegui & Maury, 2001. Como resultado de la investigación se dio que el análisis proximal de las harinas, reveló una composición acorde con los reportes de la literatura. Se obtuvieron micrografías SEM de las harinas y se estudiaron algunas propiedades reológicas de las harinas y de sus mezclas (consistencia, curva de empastamiento y viscosidad), encontrando que las mezclas formaban geles estables. Se produjeron masas de todas las mezclas y se evaluó su compresión uniaxial como propiedad textural. A las galletas obtenidas de las ocho mezclas, se les evaluó la humedad, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana NTC 1241; también, se determinó su dureza con un texturómetro. En conclusión podemos decir que según los resultados indican que se pueden desarrollar productos funcionales de panificación (basados en quinua) con propiedades que favorezcan poblaciones con problemas nutricionales específicos, en este caso, aquellos con enfermedad celiaca.

Como parte importante Rodríguez (2015), realizó un estudio el efecto de la sustitución de harina de arroz por distintos niveles de proteína y almidón en la calidad de las galletas sin gluten. Los resultados mostraron que la incorporación de proteínas en la formulación produjo un aumento de los valores de las variables relativas a las propiedades de hidratación, mientras que el almidón causó el efecto contrario. Se encontró una relación entre las propiedades de hidratación, la reología de las masas y las dimensiones de la galleta, de manera que al aumentar el contenido en proteínas la masa era más consistente y las galletas tenían menor diámetro y altura, eran más coloreadas y menos duras. Por el contrario, la incorporación de almidón dio lugar a galletas de mayores dimensiones, más duras y de peor aspecto, además redujo el efecto de las proteínas en la formulación. Sin embargo, tanto las galletas con proteínas como las elaboradas con mezcla de almidón y proteína, fueron las mejor valoradas por los consumidores en el análisis sensorial. Por lo tanto, la incorporación de almidón y proteína podría ser una opción de mejora de la formulación en la elaboración industrial de galletas sin gluten.

Por otra parte Uzca (2018), presenta una investigación sobre desarrollo de una formulación para la elaboración de una galleta libre de gluten con un alto valor proteínico enriquecida con *Spirulina platensis*. Para su elaboración se empleó como materia prima principal almidón de maíz, harina de arroz y almidón de yuca, con las que se utilizó un diseño de experimentos de mezclas por vértices extremos DVE, tomando como variable respuesta la textura, donde la formulación #2 alcanzó el mejor valor de respuesta de 538 g.f., misma que luego se enriqueció con 2, 3 y 4% de *S. platensis*. Las tres formulaciones enriquecidas se sometieron a la evaluación sensorial de nivel de preferencia, la formulación 304 es la que más agrada a los panelistas. La formulación 304 se sometió a evaluación bromatológica y microbiológica, misma se encuentra dentro de los rangos establecidos por la NTE INEN 2085:2015, seguido del cálculo del rendimiento proteínico obteniendo como resultado un 66%, proteína que supera al mínimo de la normativa vigente y al de su competencia. Finalmente se evaluó el efecto de la metilcelulosa en la textura de la galleta final, el cual fue

positivo ya que existe una mejora en la textura. Esta investigación se realizó con el objeto de desarrollar una formulación de galleta libre de gluten enriquecida con *S. platensis* para incrementar su contenido proteínico como opción para el consumo de todo tipo de personas incluido celíacos.

En este marco se encontró que Hernándezy Mantilla (2019), realizaron investigación sobre el desarrollo de una galleta dulce sin gluten a base de almidón de maíz, harina de arroz y de zanahoria, donde se sustituyó la harina de trigo suave por el almidón de maíz y la harina de arroz. Para la elaboración de las galletas se realizaron de tres formulaciones (100% harina de trigo, 50% harina de arroz /50% almidón de maíz y 40% harina de arroz / 60 % almidón maíz). Inicialmente se realizó el pesaje las materias primas, posteriormente el cremado y mezclado de hasta lograr una masa homogénea, a esta masa se le realizo el corte y formado, se horneó a una temperatura de 180°C durante 15 minutos y finalmente al producto obtenido se le evaluaron las características sensoriales, contenido de humedad y rendimiento. No se encontró diferencias significativas ($P > 0,05$) en las propiedades sensoriales evaluadas (color, sabor, dureza, fragilidad, crocantes, masticabilidad y adhesividad) en cuando al grado de aceptabilidad fue mayor la galleta elaborada con 50% harina de arroz y 50% almidón de maíz lo cual indica que es posible desarrollar una galleta sin gluten sustituyéndolo por harina arroz y almidón de maíz.

En este orden de ideas se encontró que Gómez Gordillo AM, Rodríguez G, Huayllasaca L, Miniet A, Huaca A, Araujo C (2019), determinaron el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto para la elaboración de galletas. La metodología utilizada fue un diseño experimental (Diseño Cuadrado Latino DCL) en el cual se trabajó con mezclas de harina de trigo y amaranto en proporciones de T1 75:25, T2 50:50, T3 25:75 y T4 100:0 respectivamente. Las variables evaluadas fueron el análisis sensorial, pH, proteína y humedad. Las formulaciones de galletas fueron sometidas a un proceso en igualdad de condiciones de preparación, cocción y evaluación. Se obtuvo como resultado que todos los

tratamientos tienen diferencias estadísticamente significativas con un error del 5%. Las muestras presentaron un pH entre 6,14 y 6,33 encontrándose dentro de los requisitos de la norma NTE INEN 2 085:2005: Galletas. Requisitos. La harina de amaranto contribuyó a mejorar la calidad nutricional de las galletas, elevando el contenido de proteína de las mismas. Se realizó el perfil de sabor de todas las muestras encontrando que el mejor fue el T2. Se determinó que el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto fue el T2 50:50, debido a que presenta mejores características sensoriales y nutricionales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades de la galleta

Durante la revisión bibliográfica no se encontraron trabajos publicados específicos referidos a la elaboración de galletas con harinas compuestas en relación a la harina de amaranto, harina de arroz y almidón de maíz, solo se detectó la producción de una gran variedad de productos artesanales descritos a la importancia de los alimentos sin gluten para pacientes con celiaquía, dentro de ellos una gran variedad de galletas como la expuesta por Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud (Aguirre L. 2019).

2.2.2. La galleta

La galleta ha sido un alimento que desde hace miles de años cada pueblo y civilización ha ido mejorando y evolucionando de acuerdo a las necesidades de obtener alimentos ricos y nutritivos, fáciles de almacenar, transportar y de larga duración para los viajes largos. Las galletas son un alimento popular que se encuentra en todo el mundo, sin distinción de países ni lugares. Conforman un mercado en crecimiento, con nuevas fórmulas adaptadas a los gustos del consumidor y a los parámetros de salud, rapidez y conveniencia.

Son productos alimenticios elaborados, fundamentalmente por una mezcla de harinas, aceites y/o grasas y agua, a la que se pueden adicionar o no azúcares y otros

productos alimenticios (aditivos, aromas, condimentos, especias, entre otros.), y que se someten a un proceso de amasado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua. Otra de las cualidades de este producto es que la masa para la producción de galletas no esponja por acción biológica ya que no se emplean levaduras y no hay fermentación siendo una gran virtud para la salud de los consumidores, (Franklin, 2016).

Existe una gran variedad de galletas en el mercado, a resultado una gran industria del sector alimentario por tal razón es interesante conocer cada uno de los componentes o materias primas empleadas, el proceso y la conservación.

2.2.3. Clasificación de las galletas

Las distintas galletas, saladas o dulces, se suelen clasificar en tres categorías, según la consistencia de su pasta.

2.2.3.1 Pastas duras o semiduras.

Son galletas que se amasan y se caracterizan por la gran cantidad de harina y materia grasa incorporada con el resto de los ingredientes y que dependiendo de la receta pueden llevar huevos o no. Se requiere de rodillo y cortadores para darles la forma adecuada según los requerimientos del consumidor. Dentro de éste grupo tenemos las galletas: de masa sablé, de mantequilla, en barra, entre otras.

2.2.3.2. Pastas Blandas

Son aquellas galletas suaves, elaboradas generalmente con huevo y/o leche en la receta y se hacen con la batidora. Debido a su consistencia se colocan en la bandeja de horno con la ayuda de cucharas ó se requiere el uso de mangas pasteleras o equipos industriales adaptados. En éste grupo se encuentran galletas de chispas de chocolate ó avena, madeleines, pasta seca ó de té, entre otras.

2.2.3.3. Pastas líquidas.

Estas galletas poseen un elevado índice de agua o leche y la materia grasa se reduce, así como la proporción de harina, pero luego del proceso de cocción endurecen, brindando características agradables. Dentro de este grupo podemos encontrar las galletas graufettesówafer y las galletas de la fortuna.

2.2.4. Los componentes de la galleta

Los procesos tecnológicos no permiten mejorar la calidad de los productos alimenticios, para ello es importante conocer la materia prima utilizada para este tipo de producto parte de la verificación de materia prima deben cumplir con los estándares de calidad y las exigencias según lo establecido para las Normas COVENIN Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma N°1483:2001.

2.2.4.1. Harina

La harina que se emplea para la elaboración de galletas es la proveniente de trigo blanco o la combinación de harinas alternativas como la harina de arroz, yuca, almendras, quinoa, maíz, entre otras, estas deben ser de diámetro muy pequeño y homogéneo. La función de la harina es la de aportar almidón, responsable de dar la estructura al producto.

2.2.4.2. Gasas y aceites

La grasa empleada puede ser de origen animal o vegetal, sus funciones son las de incorporar aire favoreciendo el esponjado, dan sabor y aroma, impiden la formación de gluten, son lubricantes, dan suavidad a la masa.

2.2.4.3. Huevo

El huevo proporciona proteínas hidrosolubles, que favorecen la formación de espumas, lo que proporciona aire que da lugar a volumen y estabilidad.

2.2.4.4. Polvo de hornear

Su función es hacer que la masa crezca.

2.2.4.5. Azúcar y jarabe

Cumple funciones como la incorporación de aire en masa e impide la formación de gluten, una de sus cualidades es que mejora el periodo de vida útil del producto final debido a que retiene agua y retarda la gelificación, además aportan al producto el color y sabor haciéndolo más agradable al consumidor.

2.2.4.6. Saborizantes y potenciadores de sabor

Son conocidos comúnmente como esencias encargados de mejorar el sabor, se encuentra saborizantes naturales o artificiales, debidamente aprobados por las autoridades correspondientes.

2.2.4.7. Sal

Se utiliza con el fin de potenciar el sabor de las galletas. Se utiliza de 1-1.5% del peso de la harina

2.2.4.8. Leche

La leche le proporciona a las galletas proteínas, azúcares que dan color, aminoácidos que favorecen la formación de sustancias aromáticas. Su función es la de hidratar y dar aroma y suavidad.

2.2.4.9 Conservantes

Los más utilizados son el bicarbonato de sodio y los acidulantes

2.2.5. Requerimientos nutricionales de las galletas

En las principales guías alimentarias, los cereales y derivados son el grupo de alimentos de los que se recomienda ingerir más raciones diarias. Las galletas suelen tener como ingrediente principal los cereales, principalmente en forma de harinas, y

forman parte de una alimentación variada y equilibrada aportando nutrientes clave y energía. El aporte energético de las galletas es fácilmente modulable dado que su presentación acostumbra a ser en unidades de pequeño tamaño. Dependiendo de la variedad su aporte calórico puede variar de las 400-600 Kcal por 100 g de alimento.

Las galletas de desayuno son una buena alternativa para formar parte de esta comida que inaugura el día, ayudando a proporcionar las necesidades de energía que resultan clave para sacar el máximo provecho a la jornada, por eso son ideales solas o combinadas con otros alimentos: leche, yogur, queso fresco, fruta, zumos, confituras o chocolate.

Tabla 1.

Galletas y perfil del consumidor. Hasta aquí están revisadas las referencias

Niños y adolescentes	Ayudan a su crecimiento, así como suponen un aporte energético que favorece su desarrollo y rendimiento intelectual.
Adultos	Aportan vitalidad, saciedad, y son ricas en nutrientes. Picoteo saludable, para aquellos momentos de toma energética o placer.
Tercera Edad	Tienen beneficios para la salud y fortalecen sus huesos (calcio). Son un alimento cardiosaludable (bajas en sodio, colesterol, y calorías).
Embarazadas	Ricas en ácido fólico del complejo B que puede ayudar a prevenir defectos de nacimiento en el cerebro y la médula espinal denominados defectos del tubo neural.
Deportistas	Energéticas (ricas en carbohidratos). Permiten un mayor rendimiento físico y previenen momentos de hipoglucemia después de hacer ejercicio.
Necesidades dietéticas especiales	Gracias a la innovación en la composición de las galletas, hoy en día existen todo tipo de galletas funcionales aptas para personas con necesidades específicas.

Fuente: Asociación Española del Dulce (2009).

2.2.6. La harina de arroz

El arroz es uno de los alimentos de mayor consumo en todo el planeta, por su fácil cultivo y por su equilibrio nutricional. La harina de arroz se elabora a partir de los granos de este cereal finamente molidos o triturados. Se puede hacer con arroz

blanco, aunque también es válido utilizar el integral. Muchos expertos en gastronomía la prefieren como sustituto saludable de otras harinas como la de trigo, porque aporta una textura similar en panes horneados, con la ventaja de estar compuesta por carbohidratos complejos, vitaminas y minerales. Ejemplo en la cocina japonesa la utilizan para la elaboración de fideos y postres tradicionales.

La harina de arroz es uno de los ingredientes más comúnmente empleados en la elaboración de los panes sin gluten y otros productos específicos para las personas que padecen trastornos relacionados con el gluten (tales como la enfermedad celíaca o la sensibilidad al gluten no celíaca).

Esta harina está cada vez más presente en la industria alimentaria y forma parte de muchos alimentos procesados por sus propiedades espesantes. Son muchos los preparados cárnicos o las salsas que pueden contenerla y también está presente en papillas y otros alimentos infantiles porque se digiere muy bien y evita el posible riesgo que supone el gluten para un niño al que quizá no se le ha detectado aún la enfermedad celiaca. Se utiliza como cualquier otra harina en la elaboración de distintos tipos de panes, galletas, bizcochos, (Mariola B, 2017).

2.2.6.1. Propiedades Nutricionales de la harina de arroz

Sus propiedades nutricionales excepcionales han hecho que los especialistas en nutrición infantil hayan incluido la harina de arroz en muchísimos de los cereales de desayuno, La primera característica importante de la harina de arroz es su ausencia de gluten, además de ello el arroz es un producto con un alto índice energético (351 Kcal). Su componente más importante son los carbohidratos (80 %), seguido de las proteínas (7 %) y conteniendo solamente un 1% de materia grasa.

Es además un alimento muy recomendable para la salud cardiovascular por su muy bajo contenido en materia grasa y colesterol, así como en sodio, por lo que es parte fundamental de la dieta de las personas hipertensas. Además aporta un alto contenido en minerales como el calcio y el hierro y en vitaminas (niacina, vitamina

D, tiamina y riboflavina). En resumen, la harina de arroz es un alimento recomendable para todo el mundo, pero especialmente para las personas celiacas, diabéticas, hipertensas o con problemas cardiovasculares **Asociación Celiaca del Uruguay (2016)**.

Tabla 2.

Valor nutricional de la harina de arroz

Energía	357	Yodo	(μg)	1
Proteína	5.95	Vitamina A	(mg)	
Grasa Total (g)	1.42	Vitamina C	(mg)	
Colesterol (mg)	0	Vitamina D	(μg)	
Glúcidos	85.47	Vitamina E	(mg)	
Fibra (g)	6.50	Vitam. B12	(μg)	0
Calcio (mg)	10	Folato	(μg)	4
Hierro (mg)	0			

Fuente: Fundación Universitaria Iberoamérica (2017).

2.2.6.2 Uso alimenticio

A nivel alimentario sus usos se multiplican y aparecen nuevos cada año descubriéndose nuevas propiedades. La harina de arroz es uno de los ingredientes básicos para galletas, pasteles y panes. A parte de aportar muchas cualidades que no pueden aportar otras harinas, por su ausencia de gluten es una de los componentes básicos de los alimentos para personas celiacas o sensibles al gluten. Se ha utilizado desde tiempo inmemorables para hacer tempuras y rebozados, dada su escasa capacidad para absorber aceite. Eso deriva en una capa exterior crujiente y mucho menos calórica que el equivalente con harina de trigo, **Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2015)**.

Según la FAO el 2013, la harina de arroz es capaz además de conseguir la ausencia de apelmazamiento o pegado de algunos alimentos. Así es muy conocido su uso para que las masas no se adhieran a moldes o superficies, pero no lo es tanto que, por ejemplo, los tan apreciados higos secos consiguen no apelmazarse gracias a la harina de arroz.

2.2.6.3. Uso industrial

La harina de arroz tiene muchísimos usos, tanto a nivel doméstico como industrial, no sólo es utilizada como parte de productos destinados a la alimentación ya que la industria cosmética la lleva utilizando desde hace mucho tiempo como base para algunos preparados y como aditivo de talcos (por sí misma es ya un desecante muy recomendado para pieles sensibles). También se utiliza en jabones y mascarillas siendo un exfoliante natural muy apreciado. Además forma parte de algunos preparados para curtimiento de pieles.

La harina de arroz también es utilizada como agente extensor por ejemplo en la industria cárnica, una de sus cualidad más conocida en la industria es su capacidad para espesar salsas, preparados cárnicos, chocolates, solubles entre otros. Así tanto en la cocina doméstica como en industria alimentaria es muy utilizada como espesante natural libre de gluten (Mariola B, 2017).

2.2.7 La harina de amaranto

La harina de amaranto se deriva de las semillas de la planta de amaranto. De manera típica, este tipo de harina se ve en las tiendas de alimentos saludables, aunque algunas tiendas regulares también la comercializan. Su popularidad ha crecido porque no contiene gluten, y muchas personas que no lo toleran pueden cocinar con este tipo de harina debido a sus beneficios para la salud(Paredes, 2016).

En cuanto a los beneficios de la harina de amaranto es tiene un elevado contenido de proteínas, fibras y lisina, un aminoácido esencial, sólo 150 gramos de amaranto proporciona el 150 por ciento de la ingesta diaria recomendada de proteínas para un adulto. Este cereal también cuenta con un contenido alto de fitoesteroles, los que pueden ayudar a prevenir enfermedades. Para los individuos sensibles o intolerantes al gluten, el amaranto es una buena harina para cocinar, ya que no lo contiene esta proteína (Paredes, 2016).

Comer cereal o harina de amaranto cruda puede impedir que el organismo absorba nutrientes. El amaranto debería cocinarse siempre antes de su ingesta. Para mantenerlo fresco en su lugar de almacenamiento, se recomienda mantener la harina en un contenedor perfectamente cerrado, en la nevera o el congelador; si se la mantiene en estas condiciones, estará apta para su uso durante seis meses, de manera aproximada “Praga S.R.L, 2014”.

Sus beneficios están sobradamente demostrados. El amaranto y la quinua fueron dos alimentos que la NASA seleccionó para la dieta de los astronautas por su alto valor nutritivo. También cultivado en los viajes espaciales, desde 1985, por el ciclo corto de crecimiento, la capacidad de crecer en condiciones adversas, su magnífica capacidad de remover el dióxido de carbono atmosférico y generar alimento, oxígeno y agua para los navegantes espaciales. Al igual que la quinua, es un pseudocereal que no pertenece al grupo de las gramíneas aunque se usa como cereal porque posee un alto contenido en almidón, lo que le otorga un gran poder energético, de hecho ha sido durante siglos la base de la alimentación para los pueblos autóctonos de esa zona de Sudamérica (Sherwood, 2002).

2.2.7.1. Propiedades del amaranto

El Amaranto puede ser la planta más nutritiva del mundo. Botánicos y Nutricionistas han estudiado esta planta, encontrando que posee gran calidad nutritiva, en especial un alto contenido de proteínas, calcio, ácido fólico y vitamina C. Junto a lo anterior, las Semillas de Amaranto tostado proveen una fuente de proteínas superior, que puede satisfacer gran parte de la ración recomendada de proteínas para niños, y también pueden proveer aproximadamente el 70% de energía de la dieta. Una combinación de arroz y Amaranto, en una proporción de 1:1 ha sido reportada como excelente para alcanzar las especificaciones de proteínas recomendada por la **Organización Mundial de la Salud (OMS)**.

El Amaranto posee un alto contenido proteico, aproximadamente 17%. La semilla de Amaranto compite bien con variedades convencionales de trigo que contiene de 12 a 14% de proteína, con el arroz que contiene de 7 a 10%, con el maíz que contiene de 9 a 10% de proteínas y con otros cereales de gran consumo. Además, el Amaranto posee abundante lisina, aminoácido esencial que está en baja proporción en los demás cereales. El Amaranto tiene el doble de lisina que el trigo, el triple que el maíz, y tanta lisina como la que se encuentra en la leche.

Tabla3.

Valor Nutricional del amaranto

Composición química de la semilla de Amaranto		Contenido de proteína del Amaranto comparado con los principales cereales	
Característica	Contenido	Cultivo	Proteína
Proteína (g)	12 - 19	Amaranto	13,6 - 18,0
Carbohidratos (g)	71,8	Cebada	9,5 - 17,0
Lípidos (g)	6,1 - 8,1	Maíz	9,4 - 14,2
Fibra (g)	3,5 - 5,0	Arroz	7,5
Cenizas (g)	3,0 - 3,3	Trigo	14,0 - 17,0
Energía (kcal)	391	Centeno	9,4 - 14,0
Calcio (mg)	130 - 164		
Fósforo (mg)	530		
Potasio (mg)	800		
Vitamina C (mg)	1,5		

Fuente: FAO (1997).

El balance de aminoácidos en el Amaranto, está cercano al requerido para la nutrición humana. Su aminoácido más limitante es la leucina, que permite que la proteína de la variedad Amaranto Caudatus se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79% según el tipo de semilla. El cómputo aminoacídico es de 86% en Amaranto hypochondriacus y de 77% en Amaranto cruentus. Se puede apreciar el alto valor biológico de su proteína comparándola con los cómputos químicos de la proteína del trigo (73%) y soya (74%), mientras que las proteínas de origen animal notienen aminoácidos limitantes. Lo destacable de la proteína del Amaranto es su alto contenido en lisina, en comparación con otros cereales, lo que

permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo (Lara y Bello, 2006).

2.2.7.2. Usos del amaranto

El amaranto es utilizado gracias a sus beneficios, ya que en algunos casos puede consumirse tanto las hojas como la semilla. Las hojas pueden consumirse de la misma forma que vegetales como la espinaca, en ensaladas o agregándola a otros alimentos para acompañar.

Es usado en gran medida para la elaboración de cereales y granolas, e incluso para la fabricación de harinas que se utilizan en la elaboración de panes, tortillas y varios postres. La industria química y cosmetóloga también ha aprovechado la planta para elaborar aceites y colorantes. Esta planta no solo es excelente por la gran cantidad de nutrientes que podemos encontrar en ella, y que superan en muchos aspectos a los del arroz y el maíz, sino porque la mayor parte de la planta es consumible y es de fácil conservación, pues puede refrigerarse por mucho tiempo. Otros productos elaborados a base de amaranto son los cereales enriquecidos, tortillas, galletas, panqués, horchata, bebidas chocolatadas, hojuelas, harinas, Con las hojas de la planta se pueden hacer ricas y nutritivas sopas y ensaladas (García , 2012).

La plata también se utiliza como ornato, para la elaboración de arreglos florales. Su grano se destina para semilla, germinados, cereales, harinas e insumos industriales. Con el esquilmo se obtienen forrajes para animales, abonos para los cultivos y camas para los cultivos de vivero, es decir que en rendimiento el amaranto tienen un gran valor ya que se puede aprovechar en su totalidad (García S, 2012).

Cd. de México expone su interés de usar amaranto en platos dulces pero también salados ya que sorprende por su versatilidad y gran composición nutrimental. Este cereal es poco conocido por lo que es de gran importancia incluirlo en nuestros platos para su aprovechamiento, de la misma manera dar un gran aporte a la salud por los grandes beneficios que aporta, (Borboa, 2016).

2.2.8. La harina de almidón de maíz

El almidón es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales, y la principal fuente de calorías de la mayoría de la humanidad. Es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico. Gran parte de las propiedades de la harina y de los productos de panadería y repostería pueden explicarse conociendo el comportamiento del almidón de maíz. Además el almidón de maíz aislado, es un material importante en diversas industrias, entre ellas la alimentaria. Actualmente la industria alimentaria es un gran consumidor de esta harina ya que es una alternativa más económica en cuanto a gelificantes se refiere (Rodríguez, 2014).

El almidón más importante desde el punto de vista industrial es el de maíz. Al año se utilizan unos 60 millones de toneladas de maíz para fabricar almidón, bien para su uso como tal o como materia prima para la obtención de glucosa y fructosa. Lo que llamamos almidón no es realmente un polisacárido, sino la mezcla de dos, la amilasa y el amilopectina, este utilizado como gelificante o espesante en la preparación de salsas, papillas entre otras.

2.2.8.1. Propiedades nutricionales del almidón de maíz

Entre los alimentos de la categoría de los cereales que tenemos disponibles en nuestra tienda o supermercado habitual, se encuentra la fécula de maíz. Este tipo de alimento también se conoce como maizena o maicena. La fécula de maíz es un alimento rico en carbohidratos ya que 100 g. de este alimento contienen 88 g. de carbohidratos. La fécula de maíz se encuentra entre los alimentos bajos en purinas ya que este alimento no contiene purinas (Mollejo, 2018).

El almidón de maíz, se encuentra en el grupo de los cereales. Dentro de las definiciones que se encuentran, tenemos “harina de fécula de maíz”, porque se extrae de esa parte del grano. Es una harina, que contiene una gran cantidad de propiedades, pero también de carbohidratos, Además, cuenta con una rica presencia de calorías,

más que la media de otros cereales, porque por cada 100 gramos, encontramos 381 calorías, por lo que en una sola taza, que puede ser de unos 128 gr, pues tendremos la cifra de 488 calorías. Comparando con otros cereales, encontramos 111 calorías en el arroz integral, 158 en la pasta o 218 en la tortilla de maíz, una importante diferencia.

El almidón de maíz, además cuenta con una rica presencia de calcio, magnesio, yodo, sodio, potasio, así como vitamina del grupo B, como B2, B3, B6, B9 y B12, algo que lo convierte en un alimento muy nutritivo (Mollejo, 2018).

2.2.8.2. Usos de la harina de almidón de maíz

Por su textura y aroma suave, se puede incorporar en la elaboración alimenticia sólida o líquida, sin el riesgo de cambiar sus características organolépticas de forma drástica. No nos vayamos muy lejos, la fécula de maíz es un gran ejemplo. En la cocina la utilizamos para absorber los líquidos en los alimentos y obtener más consistencia, como en las salsas. Tiene múltiples funciones entre las que cabe destacar: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante, aglutinante, entre otros, **Naturvegan Ecológico S.L.(2021)**

Antiguamente, el almidón se utilizaba para “almidonar” la ropa. Cuando se lavaba la ropa se le daba un baño en una disolución de almidón para conseguir que después del planchado quedara tersa o con apresto y evitar que se arrugara, por ejemplo sábanas y camisas. Hoy en día el almidón tiene otras muchas aplicaciones. Por ejemplo, es un excelente agente antiadherente en múltiples usos. Pero también puede utilizarse para todo lo contrario: como adhesivo. Una utilización muy interesante del almidón es la preparación de embalajes de espuma, una alternativa biodegradable a los envases de poliestireno, **Quimplex, S.A DE C.V (2012)**.

2.2.9. La evaluación sensorial de escala hedónica no estructurada

El análisis sensorial es una ciencia cuantitativa basada en el análisis estadístico donde es necesario obtener datos cuantitativos en las pruebas de

consumidores para poderles aplicar las técnicas estadísticas, tal como lo define Stone y Sidel (2004) el análisis sensorial de los alimentos es el método científico más usado para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones o determinadas características de los alimentos tal y como son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, tacto, gusto y oído.

Existen distintos tipos de pruebas sensoriales en función de la información que se necesite obtener, bien sea las pruebas discriminatorias, descriptivas y afectivas. Siendo las pruebas afectivas o hedónicas las que se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto.

Este tipo de pruebas permite no sólo establecer si hay diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de la misma. También permite mantener o modificar la característica diferencial. Dentro de las pruebas afectivas o hedónicas no estructurales podemos encontrar: pruebas de preferencia y pruebas de aceptabilidad. Existen diferentes grupos de escalas según la manera de asignar números a las evaluaciones de los consumidores, presentando una descripción de las sensaciones que les produce la muestra.

Para la valoración de la escala en las pruebas hedónicas no estructurales siempre se les da valores impares y se debe incluir un punto central “Ni me gusta ni me disgusta” punto al que se le asigna la calificación de cero de la misma manera se pueden emplear escalas de tres, cinco, siete y nueve puntos, no es conveniente usar escalas de más de nueve puntos ya que es muy subjetivo diferenciar entre los puntos.

2.2.10. Análisis de varianza paramétrico en estudios sensoriales

En cualquier proceso de investigación, se debe evitar basarse en pruebas de ensayo y error, ya que en general se realizan grandes cantidades de pruebas, y nunca se tendrá una referencia hacia dónde ir, además lo único que puede concluir es; de todas las pruebas realizadas una de ellas es la mejor de todas. Por ello se recomienda realizar el experimento estadísticamente diseñado, de esta manera asegurar que los

resultados sean válidos; más aún cuando se quiera modelar para predecir condiciones óptimas, a través de modelos matemáticos (modelos poblacionales); estos permiten estudiar el fenómeno en forma visual, a través de gráficas tridimensionales, donde se pueda representar más de tres dimensiones, (Montgomery, et al., 2004).

Generalmente la forma de una función o modelo poblacional que se ajuste a un proceso biométrico en estudio, con múltiples variables del proceso y múltiple respuestas, es muy compleja y muchas veces la se desconoce los procesos biométricos se saturan en el tiempo, se alcanza un máximo y luego cae originando un efecto de curvatura, entonces es necesario y común que se aproxime la función en términos de un polinomio de segundo orden, de gráficas o sábanas llamadas *superficies de respuesta* tridimensionales; siendo esto una de los fundamentos de la metodología de superficie de respuesta. Usándose una función polinómica para describir la superficie de respuesta del modelo, estudiar su naturaleza, optimizar y predecir condiciones operativas. Por ello la experiencia reportada por la literatura, recomienda que es suficiente un modelo de regresión lineal múltiple cuadrático con interacciones de primer orden, el cual tiene la siguiente estructura, por ejemplo para una respuesta Y_1 , y 3 factores experimentales X_1, X_2, X_3 .

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \text{ .Ecuación 1}$$

El resto de los factores que intervienen en el proceso son fijos (están controlados), así como los intervinientes.

El uso de la metodología de superficie de respuesta para optimizar bioprocesos, se fundamentan en las consideraciones que dieron inicio a la construcción de superficies de respuestas con modelos matemáticos, esto como herramienta estadística de gran utilidad en el campo científico y se basan en el hecho de que la variable respuesta de casi cualquier proceso puede ser estimada suficientemente bien por ecuaciones polinomiales de segundo orden y más específico

aún con “*modelos lineales múltiples cuadráticos con interacciones de primer orden*”; dado que la MSR estima bien las interacciones entre los factores de estudio, permite determinar si hay o no sinergismo (interacción) entre ellos o si su acción es independiente y; dado que la MSR usa mínimos cuadrados ordinarios matriciales, con matrices de diseños poblacionales ortogonales, se generan coeficientes regresores insesgados y con varianza mínima, (Montgomery, et al., 2006).

2.2.11. El diseño y análisis de experimentos utilizando la metodología de superficie de respuesta mejorada (DASRM)

La metodología de superficie de respuesta (MSR), es un conjunto de métodos y técnicas de procesamientos *estadísticos, matemáticos y gráficos*, que permite modelar y simular casi cualquier proceso, a través de la construcción de modelos de regresión “lineales múltiples cuadráticos con interacciones de primer orden”, que permiten predecir y optimizar procesos dentro de límites de prueba establecidos a priori como máximos y mínimos (no extrapolar); ya que la MSR no es adecuada para predecir extrapolaciones fuera de estos límites.

La MSR ha sido ampliamente aplicada con éxito en casi cualquier área de investigación. Esta metodología involucra previamente la aplicación del diseño experimental; para ello utiliza 3^{***} (*K-p*) and *Box-behnkendesigns*, que distribuyen puntos experimentales en el espacio, partiendo de un cubo donde las 8 esquinas son los 8 puntos factoriales de partida del diseño, añadiendo un punto central repetido (por donde se supone se encuentra la máxima o mínima respuesta deseada).

Este conjunto básico de puntos o tratamientos, poseen una característica especial y es que ensaya 3 niveles o dosis de cada factor experimental (-1 0 +1) y; que aun así es mucho más económico y explora mucho más que un factorial completo, permitiendo ajustar modelos en el espacio, que al ser representados

gráficamente se obtienen las típicas sábanas o superficies de respuesta tridimensionales.

2.2.12. Los software (Statistica, 8 y JMP, 8) estadístico-matemático-gráfico, con plataforma de metodología de diseño y análisis de superficie de respuesta (DASR), de utilidad en la modelación y Co-optimización de productos y procesos agroindustriales

Generalmente el software estadístico es gráfico así que cada uno se especializa en producir tipos o especialidades de gráfico. En lo que respecta a gráficas de utilidad en problemas de co-optimización, el software y la MSR tradicional sólo permite generar sábanas o superficies de respuestas, así como su proyección en el plano bidimensional, llamado gráficas de contornos, constituidas por curvas de niveles que representan un valor constante de la respuesta (isocuantas)(Ávil, 2008).

Las superficies de respuestas (modelo) son importantes porque permite visualizar la variabilidad de la respuesta en el espacio, dentro del rango de experimentación, estas proyecciones (isocuantas) en las caras bidimensionales del hipercubo factorial, pueden súper ponerse (intersección de conjuntos), permitiendo seleccionar combinaciones de factores experimentales que optimicen simultáneamente un conjunto de respuestas deseadas (Ávila, 2007).Por esose quiere un software que permita realizar estas operaciones en forma dinámica(Floros y Chinnan, 1988).

El software JMP, aunque no permite montar múltiples sábanas en una sola gráfica tridimensional, mejora las bondades gráficas anteriores del statgraphics y de statistica, ya que permite proyectar las superficies de respuestas, generando múltiples gráficas de contornos, una para cada modelo, estas gráficas son automáticamente superpuestas y son dinámicas o sea que se puede simular manualmente en vivo, permitiendo modificar y ajustar valores o rangos de múltiples respuestas deseadas, obteniéndoseco-optimización en forma continua e inmediata de las respuestas y los

factores experimentales; sin embargo, también se pueden simular valores de múltiples factores experimentales, simularlos y consecuentemente obtener valores de respuestas deseadas dentro del rango de calidad, lo dinámico de esta plataforma matemática-gráfica, es que permite simultáneamente simular varias respuestas y varios factores experimentales así como co-optimizar, de allí lo interesante e importante del software JMP, el mismo dispone de dos sistemas de simulación-gráfico-dinámico, llamados perfiles de deseabilidad y perfiles de contornos(Ávila, 2007).

2.3. FORMULACIÓN DE SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis de investigación

Se logrará obtener una galleta de consumo humano, elaborada con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten, con alta aceptación sensorial en cuanto a color, olor, textura al paladar y gusto.

2.3.2. Hipótesis Estadística

La variabilidad de las respuestas sensoriales en escala hedónica no estructurada de la galleta experimental propuesta en esta investigación, permitirá modelar matemáticamente y co-optimizar el proceso, en función de las variables independientes, de tal manera de obtener una galleta, económica, con máxima cantidad de harina de arroz, máxima harina de amaranto y mínimo de almidón de maíz; utilizando un modelo poblacional empírico “lineal múltiple cuadrático con interacciones de primer orden”. Si β_i son los coeficientes regresores del modelo poblacional a ajustar para cada respuesta, se plantea:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 \dots \beta_n = 0$ “No hay regresión”

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \dots \beta_n \neq 0$ “Hay regresión”

2.4. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE VARIABLES

Variables independientes: para efecto de esta investigación, se seleccionaron solo tres variables independientes, las recomendaciones del tutor, aquí las variables o factores experimentales en la mezcla de la reacción serán: X1 = Harina de arroz (g), X2 = Harina de amaranto (g) y X3 = Harina de almidón de maíz (g).

Variables dependientes: estas serán las respuestas a medir en la evaluación sensorial: color, Olor, textura al paladar y gusto.

Tabla 4.

Sistema de variables del diseño experimental.

Variables independientes	Variables dependientes
X1= Harina de arroz (g),	YC = color.
X2 = Harina de amaranto (g)	YO = Olor.
X3= Harina de almidón de maíz (g).	YT = Textura al paladar.
	YG = Gusto

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

En un proceso de investigación, la metodología es una de las etapas en que se divide la realización de un trabajo. En ella, el investigador o los investigadores deciden el conjunto de técnicas y métodos que emplearán para llevar a cabo las tareas vinculadas a la investigación. De esta manera, la metodología de investigación elegida es la que va a determinar la manera en que el investigador recaba, ordena y analiza los datos obtenidos.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Evaluar las respuestas tecnológica de galletas elaboradas con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten. Para obtener un producto con mayor valor nutricional y mejorar las características físico químicas con aceptabilidad al consumidor; por ello la investigación fue de carácter experimental exploratoria, estadísticamente diseñada, bajo condiciones controladas en laboratorio. El objetivo de este tipo de investigación es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado del cual se tienen muchas dudas o se ha abordado antes. Es decir cuando existen solo ideas vagamente relacionadas con el tema” (Hernández et al, 2006, p. 100, 101).

3.2. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

El proceso de investigación se realizó en cuatro fases dando cumplimiento a los objetivos propuestos. Por lo tanto se presentan el diseño de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.2.1. Fase 1: Caracterización de la materia prima, con el fin de detectar impurezas, acidez titulable y humedad en las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz.

La caracterización físicoquímicas de la harina de amaranto se llevó a cabo bajo un diseño de campo que consiste en la recolección de datos directamente de los

sujetos investigados sin manipular y controlar variable alguna (Arias, 2006). Por otra parte se obtuvieron análisis de laboratorios de empresas alimenticias como PROGEL C.A para análisis en harina de arroz en el Departamento de Aseguramiento de la Calidad (2021), e Industrias Alimenticia del Maíz, Laboratorio Arco Rex (2020) para análisis en almidón de maíz.

A fin de realizar formulaciones base y dar cumplimientos a los objetivos específico se realizó la caracterización de la materia prima siguiendo los métodos a continuación expuestos.

3.2.1.1 Métodos.

Determinación de acidez titulable y pH

La acidez titulable total, se cuantificó de acuerdo a las recomendaciones de la AOAC, (1980), para ello se tomó una porción de 20 g. ó ml de muestra a la que se le midió el pH, luego se titularon con NaOH 0,1N hasta pH 8,2-8,3. Para determinar la acidez, expresándola en % de ácido láctico en la muestra. El pH y la acidez titulable se realizó con un potenciómetro (pHmetro) marca BP3001TRANS INSTRUMTS.

Determinación de proteínas

La proteína, se cuantifico de acuerdo a las recomendaciones de la AOAC, (1980), para ello se tomó una porción de 2 g. o ml de muestra a la que se le realizó el proceso de digestión y destilación para determinar el nitrógeno presente en ella, utilizando H₂SO₄ a 0,68334976 N como titulante. El contenido de proteínas se obtuvo una vez que se conoce la cantidad de nitrógeno presente (%), multiplicando este valor por una constante K que viene definida por la naturaleza de la muestra bajo ensayo, en este caso $K = 6,25$.

Determinación de grasas

Para la determinación de grasa de acuerdo al procedimiento descrito por la AOAC (1990).

Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se hará por diferencia de peso, de acuerdo a la metodología establecida en la AOAC (1990), método 920.151.

Determinación de cenizas

Para la determinación por incineración de la muestra a temperatura de 525 oC según la AOAC (1990), método 940.26.1.

3.2.2. Fase 2: Determinar las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando superficie de respuesta.

Esta fase se llevó a cabo bajo un diseño experimental, que es un estudio donde se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, a fin de analizar las consecuencias que causa sobre las variables dependientes, (Hernández y Baptista, 2006).

Las muestras para cada tratamiento codificada se diseñaran estadísticamente, generando una matriz "D", utilizando el software estadístico STATISTICA V-8, con la plataforma Industrial Statistics&six sigma, el modulo Experimental Design (DOE); y la opción Box-Behnken Designs; de allí se selecciona la opción 3/1/15, significando esto que construye un diseño compuesto central de superficie de respuesta no factorial para tres (3) factores experimentales, para un total de 13 tratamientos distintos; generándose una matriz de tres columnas o (tres vectores) con valores codificados (-1, 0 +1), llamada matriz "D" de diseño de tratamientos codificadas (tabla 5).

Tabla 5.

Matriz "D" de diseño codificada para tres factores, experimentales y 15 tratamientos

Tratamientos	Factores experimentales			Respuestas sensoriales			
	X ₁ Harina de arroz	X ₂ Harina de amaranto	X ₃ Harina de almidón de maíz	Y ₁ Color	Y ₂ Olor	Y ₃ Textura al paladar	Y ₄ Gusto
1	-1	-1	0				
2	1	-1	0				
3	-1	1	0				
4	1	1	0				
5	-1	0	-1				
6	1	0	-1				
7	-1	0	1				
8	1	0	1				
9	0	-1	-1				
10	0	1	-1				
11	0	-1	1				
12	0	1	1				
13 (P.C.)	0	0	0				
14 (P.C.)	0	0	0				
15 (P.C.)	0	0	0				

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 6.

Matriz de correlación para el modelo poblacional planteado (Modelo lineal múltiple cuadrático con interacciones de primer orden)

	X_1	X_{11}	X_2	X_{22}	X_3	X_{33}	X_{12}	X_{13}	X_{23}
1	1,00								
X_{11}	0,00	1,00							
X_2	0,00	0,00	1,00						
X_{22}	0,00	-0,09	0,00	1,00					
X_3	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00				
X_{33}	0,00	-0,09	0,00	-0,09	0,00	1,00			
X_{12}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		
X_{13}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
X_{23}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra la matriz de correlación para la matriz anterior de la tabla 5, puede observarse que no hay correlación entre los factores experimentales, indicando ello que todos términos del modelo son independientes. (No hay multicolinealidad).

3.2.2.1. Materiales y métodos

3.2.2.1.1. Métodos.

El procesamiento, y análisis de la materia prima como elaboración del producto final, se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Control de Calidad de Industrias Alimenticia Galletera Trigo de Oro C.A Barinas, en cumplimiento de lo establecido en la Norma COVENIN 1483:2001; con aportes de datos bajo un diseño de cambo que consiste en la recolección de información directamente de los sujetos investigados sin manipular y controlar variables.

3.2.2.1.1. Materiales.

Ingredientes utilizados en la elaboración de las galletas

- Harina de arroz.
- Harina de amaranto.
- Harina de almidón de maíz.
- Manteca
- Huevo

Aditivos utilizados en la elaboración de galletas

- Azúcar.
- Cacao
- Bicarbonato de sodio
- Bicarbonato de amonio
- Esencias
- Leche
- Gotas de chocolate
- Sal

Equipos, instrumentos e implementos

- Mesa.
- Balanza digital.
- Batidora.
- Dosificadora
- Bandejas
- Horno

3.2.2.2. Técnicas de recolección de datos

Con el objeto de aleatorizar el muestreo de los tratamientos para su ejecución, se realizó aleatorización, con una semilla de aleatorización de 5356913. Los datos recolectados se muestran en la tabla 7 para una matriz “D” de diseño Box-Behnken.

Tabla 7.

Matriz “D” de diseño Box-Behnken para 3 factores experimentales, para 13 tratamientos diferentes y tres puntos centrales (PC) adicionales, con las respuestas Y₁: color, Y₂: olor, Y₃: textura al paladar y Y₄: gusto. (Matriz “D” codificada).

<i>Tratamientos</i>	<i>X₁ [gr.] Harina de arroz.</i>	<i>X₂ [gr.] Harina de amaranto.</i>	<i>X₃ [gr.] Harina de almidón de maíz</i>	<i>Y1 Color</i>	<i>Y2 Olor</i>	<i>Y3 Textura al paladar</i>	<i>Y4 Gusto</i>
1	-1	-1	0				
2	1	-1	0				
3	-1	1	0				
4	1	1	0				
5	-1	0	-1				
6	1	0	-1				
7	-1	0	1				
8	1	0	1				
9	0	-1	-1				
10	0	1	-1				
11	0	-1	1				
12	0	1	1				
13 (PC)	0	0	0				
14 (PC)	0	0	0				
15 (PC)	0	0	0				

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 8 siguiente muestran los niveles de prueba, seleccionados para cada factor experimental, con los cuales se llenaron la matriz “D” y se obtiene la matriz “D” natural (de muestreo de tratamientos), de trabajo mostrada en la tabla 8 (valores en gramos) y en la tabla 9 la matriz natural (valores en gramos).

Tabla 8.

Niveles o dosis de los factores experimentales.

Factor experimental	Min. -1	Med. 0	Max. +1
X1: Harina de arroz [g]	5	10	15
X2: Harina de amaranto [g]	5	10	15
X3: Harina de almidón de maíz [g]	2	6	10

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9.

Matriz “D” de diseño Box-behnken natural para 3 factores experimentales, para 13 tratamientos diferentes y tres puntos centrales adicionales, natural en gramos, con las respuestas Y₁: color, Y₂: olor, Y₃: textura al paladar y Y₄: gusto.

Tratamientos	X ₁ [g] Harina de arroz	X ₂ [g] Harina de amaranto.	X ₃ [g] Harina de almidón de maíz	Y1 Color	Y2 Ol or	Y3 Textura al paladar	Y4 Gusto
1	5	5	6				
2	15	5	6				
3	5	15	6				
4	15	15	6				
5	5	10	2				
6	15	10	2				
7	5	10	10				
8	15	10	10				
9	10	5	2				
10	10	15	2				
11	10	5	10				
12	10	15	10				
13 (PC)	10	10	6				
14 (PC)	10	10	6				
15 (PC)	10	10	0				

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 1 siguiente se muestra el esquema tecnológico para la obtención de la galleta.

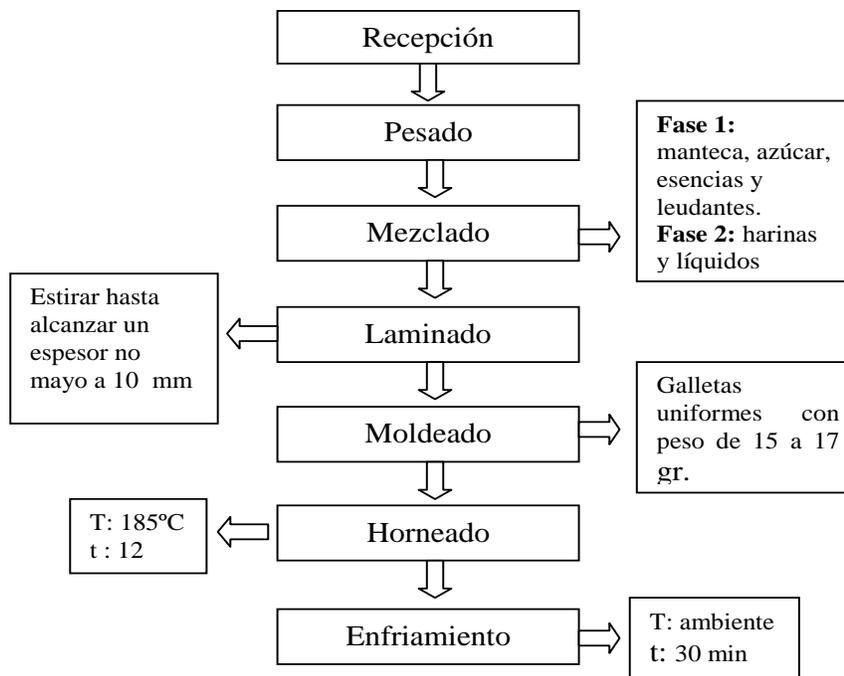


Figura 1. Esquema de proceso tecnológico experimental.

Elaboración propia

3.2.2.3. Etapas en la Elaboración de Galletas.

Pesado de los ingredientes: se procede a pesar cada uno de los ingredientes de acuerdo a las concentraciones ya estipuladas para cada uno de los tratamientos.

Mezcla: se realiza la disolución de los ingredientes iniciando con la mezcla de la manteca, azúcar, esencias y leudante hasta alcanzar el cremado, continuamente se procede a incorporar las harinas y líquidos hasta obtener una masa homogénea.

Laminado: se compacta la masa, transformándola en una lámina de espesor uniforme, comprimiendo y eliminando el aire que contenga esto en una dosificadora de rodillos verticales.

Moldeado: consta de las boquillas utilizadas de acuerdo a la forma y tamaño que se desee, en este caso se procede a realizar galletas con un peso aproximado de 15 a 17 gr en crudo.

Horneado: una vez se tienen las galletas se realiza la cocción que consiste en eliminar humedad por la acción de altas temperaturas, el producto esponja hasta que todo el almidón se haya gelatinizado, para ello se utilizó horno de conducción a 185°C / 12 minutos aproximadamente.

Enfriamiento: se enfría para solidificándose el almidón y disminuye el volumen a medida que baja la temperatura, el enfriamiento se realiza a temperatura ambiente para evitar que se rompa la galleta.

3.2.3. Fase 3: Comparar las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando optimización multiobjetivo, con el fin de determinar la combinación de mayor aceptación.

Para realizar el análisis sensorial y determinar la combinación de mayor aceptación se aplicó un diseño estadístico para el muestreo de los tratamientos o unidades experimentales, basado en que el objetivo general de la investigación es, evaluar las respuestas tecnológicas de galletas elaboradas con harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten. Para obtener un producto con mayor valor nutricional y mejorar las características físicas químicas con aceptabilidad al consumidor, donde se utilizaron 15 tratamientos diferentes que fueron evaluados de forma sensorial por un panel de consumidores, utilizando escalas hedónica no estructurada.

3.2.3.1. Escala hedónica estructurada y no estructurada

En la figura 2, se muestra el instrumento de evaluación con la escala que se utilizó en la encuesta por muestreo, para la toma de datos de opinión, la cual fue la escala hedónica no estructurada que va desde el nivel 1 hasta 5.

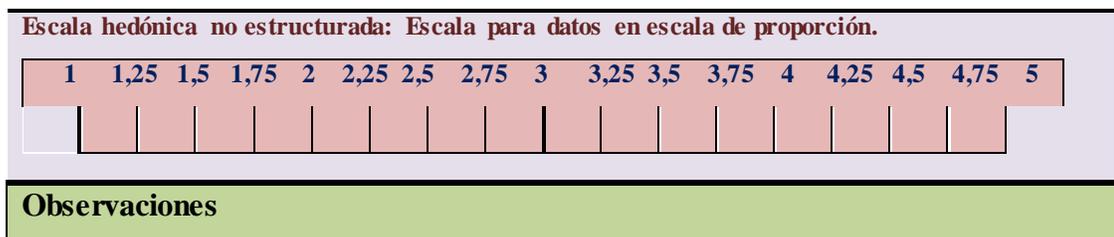


Figura 2. Escalas hedónica no estructurada
Elaboración propia

3.2.3.2. Número de consumidores a encuestar

Para los datos en escala hedónica no estructurada, se recolectaran con una evaluación sensorial a los quince (15) tratamientos diseñados en la tabla 7, una vez cada uno, utilizando una encuesta por muestreo tipo surveys, para las respuestas de apariencia color, olor, textura al paladar y gusto. La captación de datos (encuesta por muestreo) se realizara con un método afectivo de prueba escalar, en escala hedónica, ya que se requiere medir el nivel de agrado y desagrado, no requiriéndose encuestados analíticos, si no grupos representativos de consumidores potenciales, ya que los encuestados no requieren saber el porqué del estudio, si no limitarse a responder lo que se les pregunta.

Para los datos en escala hedónica no estructurada, el número de consumidores a encuestar, se estimó usando el criterio de estabilización de la varianza acumulada de la media aritmética de cada respuesta, calculada aplicando un pre muestreo en la medición de la variabilidad de una respuesta, recomendada por Peduzzi et al., (1996), sin embargo debido a que en esta investigación se midió simultáneamente múltiples respuestas, se utilizó además las recomendaciones adicionales de Avila, (2010), la cual consistió en tomar el mayor valor estimado de consumidores a encuestar entre las 4 respuestas medidas, iniciándose con una muestra pequeña de 32 encuestados (Cochran, 1985).

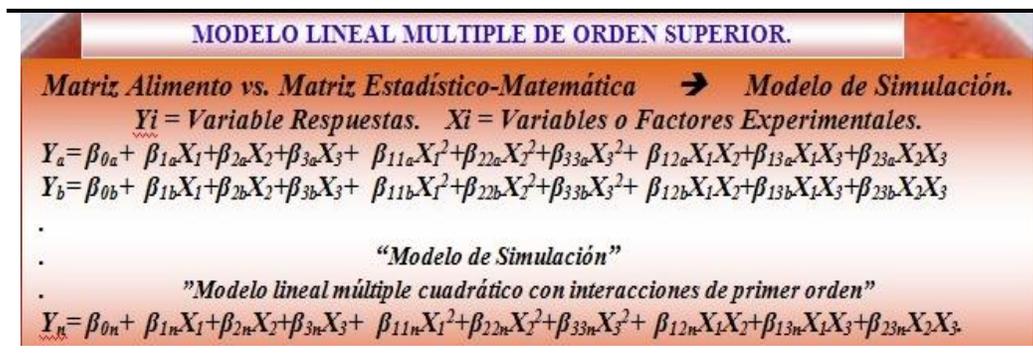


Figura 3. Modelo de simulación en una matriz alimento

Fuente: Avila, (2010).

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3. \quad \text{Ecuación 2.}$$

Para la construcción de cada modelo para cada respuesta se aplica el método de ajuste de datos “mínimos cuadrados ordinarios matriciales” luego la solución del sistema de ecuaciones (figura 3) para valores (máximo, mínimo o rangos “target” (promedio) deseados de cada respuesta, permite obtener combinaciones de los factores experimentales que satisfacen estas condiciones, llamándose a esta solución simultánea “Co-optimización, optimización multiobjetivo u optimización multirespuesta”; utilizándose para ello perfiles múltiples de respuesta, modulado (restringido) con perfiles de deseabilidad de control de calidad (JMP V- 8 trial, 2010; Avila, 2010).

Para estimar los coeficientes regresores de cada modelo predictivo de la dinámica poblacional se utilizó el método de regresión de mínimos cuadrados ordinarios matricial,(JMP, 2006), aplicando la siguiente formula matricial:

$$[\beta_{ij}] = [X'X]^{-1}[X'Y_i]. \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

[β_{ij}]:el vector columna que contiene los coeficientes regresores del modelo matemático generado, incluyendo el término independiente o intercepto (β_0).

X : es la matriz D expandida, llamada matriz de diseño poblacional, expandida con un vector columna para cada β_{ij} regresor del modelo planteado (9 coeficientes regresores), más una columna falsa para X' : es la matriz transpuesta de la matriz X .

$[X'X]^{-1}$: esta matriz resultante se llama matriz de varianzas y covarianzas.

La relación funcional construida permitió predecir en forma conjunta la variabilidad de las múltiples respuestas, en función de la variabilidad conjunta de los tres factores o variables de estudio. Generándose un modelo para cada una de las respuestas (Y_i), en función de los factores experimentales (X_1 Harina de arroz, X_2 Harina de amaranto, X_3 Harina de almidón de maíz).

3.2.3.3. Técnicas de análisis de datos

El análisis estadístico se realizó a través de gráficas de superficie de respuesta generadas de los modelos construidos. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un programa de metodología superficie de respuesta (MSR) en el software Statistica versión 8.0 y JMP versión 8, mediante el cual se obtuvieron los valores necesarios para la estimación del coeficiente de determinación (R^2), los coeficientes del modelo, la suma de cuadrado para el análisis de varianza de cada fuente de variación, así como un análisis de la gráfica de superficie de respuesta, la cual indicó los valores críticos de los factores o variables independientes que corresponden con el punto estacionario de máxima o mínima respuesta ajustada por el modelo.

3.2.3.4. La escala hedónica no estructurada en la recolección de datos

La escala hedónica no estructurada es un instrumentos tipo cuestionario, donde el encuestado es forzado a dar una opinión en una escala continua, permitiendo esta última utilizar métodos paramétricos en el análisis de los datos captados, (Avila, 2010).

3.2.3.5. Tamaño de muestreo del número requerido de consumidores a encuestar

Para estimar el tamaño o número n de consumidores encuestados requeridos para el análisis de los datos sensoriales captados en escala categórica multiordinal, hay un criterio ampliamente utilizado Ecuación 4. $n = \frac{Sgl*TM}{pm}$, propuesto por Peduzzi et al., (1996), donde n será el número de consumidores a encuestar, Sgl la suma de grados de libertad, referidos a los niveles de la escala, TM será el número de términos en el modelo a ajustar (siendo deseable usar valores de TM entre 10 y 20) y pm es la mínima probabilidad deseada. Sin embargo Mandeville, (2006), recomienda usar el criterio de varianza de la media aritmética (acumulada), la cual consiste en tomar datos continuamente e ir graficando la varianza de la media aritmética contra el número de encuestados.

El tamaño o número de encuestados requeridos aproximados es aquel que cuando se observe que la varianza se estabilice. Dado que generalmente se miden varias respuestas, Avila, (2010), recomienda utilizar el criterio de Mandeville, (2006), para cada respuesta y entonces para decidir el número a encuestar, se toma el máximo de encuestados requeridos estimados entre las respuestas medidas; todo esto para cada tratamiento experimental, de aquí la recomendación de usar diseños estadísticos restringidos para modelar y hacer este tipo de estudios, ya que estos tendrán mínimo número de tratamientos distintos, evitando así tener que evaluar sensorialmente demasiadas muestras distintas.

3.2.3.6. Análisis de datos de evaluación sensorial

3.2.3.6.1. Optimización multiobjetivo-optimización

En la práctica industrial se trabaja en tiempo real con operación evolutiva, donde el proceso o el producto es influenciado simultáneamente por múltiples factores extrínsecos (X_i) y se generan cambios de múltiples respuestas (Y_i). Además se tiene interacciones entre factores ($X_1*X_2....X_1*X_3.....$).

En muchos casos hay respuestas (Y_i) que alteran o modifican el medio, que modulan simultáneamente cambios adicionales, bien por: 1. Interacción entre los factores experimentales ($X_i * X_j$) y 2. Interacción entre factores experimentales y respuestas ($X_j * Y_i$). En un producto o proceso se manipulan y se miden múltiples variables extrínsecas e intrínsecas, por ello se debe generar múltiples modelos (uno para cada respuesta), obteniéndose así un modelo de simulación.

Para la construcción de cada modelo para cada respuesta se utilizó el método de ajuste de datos “mínimos cuadrados ordinarios matriciales”, luego, la solución del sistema de ecuaciones para valores (máximo, mínimo o rangos) deseados de cada respuesta, permite obtener combinaciones de los factores experimentales que satisfacen estas condiciones, llamándose a esta solución simultánea “co-optimización, optimización multiobjetivo u optimización multirespuesta”; utilizándose para ello perfiles múltiples de respuesta, modulado (restringido) con perfiles de deseabilidad de control de calidad, (JMP V- 8, 2010; Avila, 2010).

3.2.4. Fase 4: Analizar la caracterización fisicoquímicamente del tratamiento que tenga mejor aceptación por el panel de consumidores, con el fin de conocer su desarrollo tecnológico.

La caracterización fisicoquímicas del tratamiento de mayor aceptabilidad al panel semientrenado, se realizará en el laboratorio de control de calidad de Industrias Alimenticias Galletera Trigo de Oro C.A. Barinas, utilizando las normas estándar OMA del manual de la AOAC, (1980), International Horwitz y Latimer; (2004).

Antes de ejecutar el ensayo definitivo se realizaron pruebas pilotos, con el objeto estandarizar las metodologías, calibrar y familiarizarse con los instrumentos.

Primeramente se estandarizó la metodología de preparación de las harinas, se probaron niveles preliminares en la matriz de alimento. Esto con el objeto de definir los niveles o dosis experimentales mostrados en la tabla 8. Los instrumentos fueron calibrados utilizando técnicas empíricas de regresión lineal para la curva de

calibración, con el objeto de minimizar el error de medición, usando para el pHmetro solución Búfer 7, Búfer 4 y agua destilada como patrón. Para la balanza analítica y texturometro la calibración se realizó con balanzas de 1,5 y 10 gramos.

Una vez calibrado los instrumentos se procede a realizar los análisis físicos químicos en la galleta con mayor aceptación en el panel de consumidores como: % humedad, pH, proteína, textura, diámetro y espesor de las galletas a fin de determinando que desarrollo tecnológico.

3.2.4.1. Métodos

Todas las determinaciones de las respuestas de interés se realizaron por siguiendo las recomendaciones en la siguientes metodología.

Tabla10

Métodos determinar aspectos físicos de las galletas

Análisis	Métodos
% Humedad	COVENIN-1483:2001
pH	COVENIN-1483:2001
Textura	Antecedentes

Elaboración propia

3.2.4.2 Procedimientos

Humedad: se procede a pesar 10 gr de la muestra en un analizador de humedad marca MB35-HALOGEN- OHAUS por 7 minutos obteniendo como resultado % de humedad para cada una de las muestras.

pH: se toma 10gr de galleta pulverizada y se diluye en 100 ml de agua destilada, se agüita la mezcla y analiza en un pHmetro BP3001TRANS INSTRUMTS.

Textura: para realizar los análisis reologicos se utiliza un texturometro, tomando como muestra una galleta, se coloca sobre la balanza realizando tres veces

ensayos de punción para simular la fuerza de la mordida esto permite determinar los gramos fuerzas en cuanto a la dureza y la chocancia de cada una de las muestras.

CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Caracterización de la materia prima, con el fin de detectar impurezas, acidez titulable y humedad en las harinas de arroz, amaranto y almidón de maíz.

Tabla 11.

Resultado de la caracterización de la harina de arroz.

Características	Resultados
Grasas (gr)	0.71%
Cenizas (gr)	0.83 %
Fibra (gr)	0.12 %
Carbohidratos (gr)	73.3 %
Impurezas (gr)	0.1 %
Acidez titulable (gr)	0.020 %
% Humedad	5.92 %
Proteína	11.13 %
pH	6.24

Fuente: PROGEL C.A, Departamento de aseguramiento de la calidad, (2021).

En la tabla 11 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la harina de arroz, donde los resultados se encuentran en los valores máximos requeridos en la normas COVENIN 2300-93, cumpliendo así con los estándares para la fabricación de galletas con harinas compuestas.

Tabla 12

Resultado de la caracterización del almidón de maíz.

Características	Resultados
% Humedad	12.4
pH	5.4
Proteína total	.30
Viscosidad scott	91
Dióxido de azufre	19
Residuos no solubles	0
Acidez titulable	0.06

Fuente: Industrias Alimenticia del Maíz, Laboratorio Arco Rex (2021).

Tabla 13

Resultados microbiológicos del almidón de maíz.

Características	Resultados
Mohos y levaduras ufc/g	≤ 10
Coliformes totales NMP/g	≤ 3
Aerobios mesofilosufc/g	320
Monitores detectores de metales	CONFOME
Salmonella	AUSENTE
Coliformes fecales NMP/G	≤ 3

Fuente: Industrias Alimenticia del Maíz, Laboratorio Arco Rex (2021).

En la tabla 12 Y 13 se muestra resultados obtenidos en la caracterización del almidón de maíz, considerando que sus valores son cotejados con lo establecidos en la normas COVENIN 2135:2017 cumpliendo con los valores máximos requeridos, siendo óptima para la elaboración de galletas.

Tabla 14

Resultado de la caracterización de la harina de amaranto.

Características (gr)	Resultados (%)
% Humedad	10.1
Proteína	17.8
Grasas	3.2
Fibra crudas	5.1
Cenizas	2.1
Carbohidratos	61.7
pH	6.5
Acidez titulable	0.1
Impurezas	0.1

Fuente: La U Investiga Vol. 6 Núm. 2 (2019).

En la tabla 14 se reflejan los resultados del análisis de amaranto la cuales fueron comparados con artículo científico Universidad Central del Ecuador (2010) vol. 01, No. 01:61-70, debido a que no se encontró una normas que estandarice los requerimientos nutricionales para harina de amaranto en Venezuela, ya que es una materia prima poco utilizada a nivel de procesos de alimentos para consumo humano.

4.2. El Análisis estadísticos de los resultados de la evaluación de las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando superficie de respuesta sensorial.

Para la aplicación de Análisis Multivariado de la escala hedónica estructurada de 5 puntos como escala de opinión y Regresión Logística se observan los resultadosde dialogo que se especifican las variables donde Y es igual a la variable dependiente (escala no hedónica), X es igual a la variable independiente y los tratamientos que son las diferentes (muestras T1, T2, T3,...T15) y las frecuencias para las variables (color, olor, textura y gusto), obteniendo que la muestra T6 es la que más gusto al consumidor.

4.2.1. Respuesta para el estudio preliminar de la bondad de ajuste del modelo poblacional planteado para la respuesta color.

Se determinó cada variable donde la respuesta color, es explicada por los factores experimentales y dosis escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas. Tomando estos resultados como suficientes se escogió el modelo generado como adecuado para estudiar el proceso y continuar con el análisis.

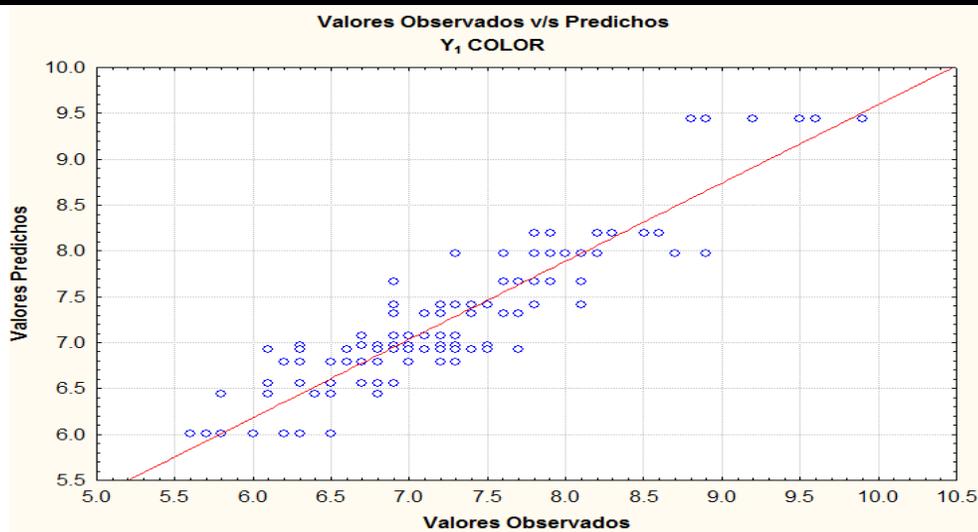


Figura 4. Grafica de valores predichos por el modelo ajustado contra los medidos Experimentalmente, para los datos de la respuesta color.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4, muestra que los datos no se distribuyen uniformemente alrededor de la línea, que aunque no están sobre ella, pudiera tomarse esto como un buen índice de bondad de ajuste del modelo para los datos de la respuesta color.

Con el fin de determinar si hubo efecto significativo de tratamiento, significancia de la regresión, significancia de cada factor experimental y de cada término del modelo en la respuesta color y no significancia de la falta de ajuste, se construyó el análisis de la varianza (ANAVAR), tabla 15.

Tabla 15

Análisis de la varianza del modelo poblacional para la respuesta color.

<i>Fuente de Varianza</i>	<i>Grados de Libertad.</i> <i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i> <i>SC</i>	<i>Cuadrados Medios.</i> <i>CM=SC/GL</i>	<i>F</i> <i>CM_{factor}/CM_{error}</i>	<i>p<F</i>
Tratamiento	12	97,2829	8,10691	62,5269	0,0000**
Regresión.	9	97,1526	10,79474	83,2576	0,0000**
<i>X₁</i>	<i>1</i>	<i>0,8405</i>	<i>0,84050</i>	<i>6,4826</i>	<i>0.01207**</i>
<i>X₁₁</i>	<i>1</i>	<i>1,4040</i>	<i>1,40400</i>	<i>10,8288</i>	<i>0.00129**</i>
<i>X₂</i>	<i>1</i>	<i>0,0211</i>	<i>0,02113</i>	<i>0,1629</i>	<i>0.687174ns</i>
<i>X₂₂</i>	<i>1</i>	<i>3,3787</i>	<i>3,37869</i>	<i>26,0592</i>	<i>0.00000**</i>
<i>X₃</i>	<i>1</i>	<i>41,0411</i>	<i>41,04113</i>	<i>316,5418</i>	<i>0.00000**</i>
<i>X₃₃</i>	<i>1</i>	<i>8,4187</i>	<i>8,41869</i>	<i>64,9316</i>	<i>0.00000**</i>
<i>X₁₂</i>	<i>1</i>	<i>0,9922</i>	<i>0,99225</i>	<i>7,6530</i>	<i>0.00651**</i>
<i>X₁₃</i>	<i>1</i>	<i>1,0563</i>	<i>1,05625</i>	<i>8,1466</i>	<i>0.00503**</i>
<i>X₂₃</i>	<i>1</i>	<i>40,0000</i>	<i>40,00000</i>	<i>308,5118</i>	<i>0,00000**</i>
Falta Ajuste	3	0,1303	0,04342	0,3349	0.80012ns
Repetición	9	0,2267	0,02519	0,1943	0.99444ns
Error Puro	137	16,6350			
Rep.*Trat.	108	1,4393			
Error experimental	128	16,5958	0,12965		
Total	149	114,1054			

$$R^2 = (SC_{Reg}/SC_{Tot}) * 100 = (97,1526/114,1054) * 100 = 85,14\%$$

Fuente: Cálculos propios.

Se puede observar en la tabla 15, para el ANAVAR del modelo de la respuesta color, muestra que la fuente de variación tratamientos utilizados y la regresión o modelo utilizado son altamente significativos; además se observa que los términos X_1 , X_{11} , X_{22} , X_3 , X_{33} , X_{12} , X_{13} y X_{23} son altamente significativos a excepción de los factores X_2 , que resultaron no significativos, estos resultados junto a la no significancia de la falta de ajuste y un R^2 de 85,14%, muestra que hay bondad de ajuste o de cualidades mínimas esperadas del modelo planteado, para los datos de la respuesta color.

El R^2 indica que el 85,14%, de la variabilidad de la respuesta color, es explicada por los factores experimentales escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas, quedando un 14,86% sin explicar, quizás debido a que se dejó de introducir un factor importante desconocido, deficiencias del modelo o al error experimental, contribuyendo esto a la no total adecuación del modelo planteado.

La tabla 15 de ANAVAR muestra que la fuente de variación tratamiento, es altamente significativa, indicando ello que los tratamientos utilizados en la experimentación exploratoria fueron adecuados; y que tienen influencia significativa en la variabilidad de la respuesta color, bajo el ajuste de datos con el modelo poblacional planteado.

Respecto a la fuente de variación regresión (modelo poblacional), es altamente significativo, indicando esto que el modelo poblacional planteado con los tres factores experimentales explican la variabilidad de la respuesta *color*, para las condiciones experimentales ensayadas.

En las gráficas siguientes se puede observar que con valores altos de X_1 (60g) (Harina de arroz), con valores de X_2 (15-20)g de (Harina amaranto) y valores bajos de X_3 (8 - 14)g (almidón de maíz) para la respuesta Y_1 color, se puede obtener una aceptabilidad del producto por parte del panel semientrenado, con valores de (7,75 a 8,0) aproximadamente en una escala hedónica no estructurada con rango del 1 al 10, lo que podemos expresar en un porcentaje de 75% donde los factores experimentales evaluados dieron una respuesta satisfactoria a la utilización de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

En Las figuras 5, se muestran las gráficas de superficie de respuesta para la respuesta color, en función de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

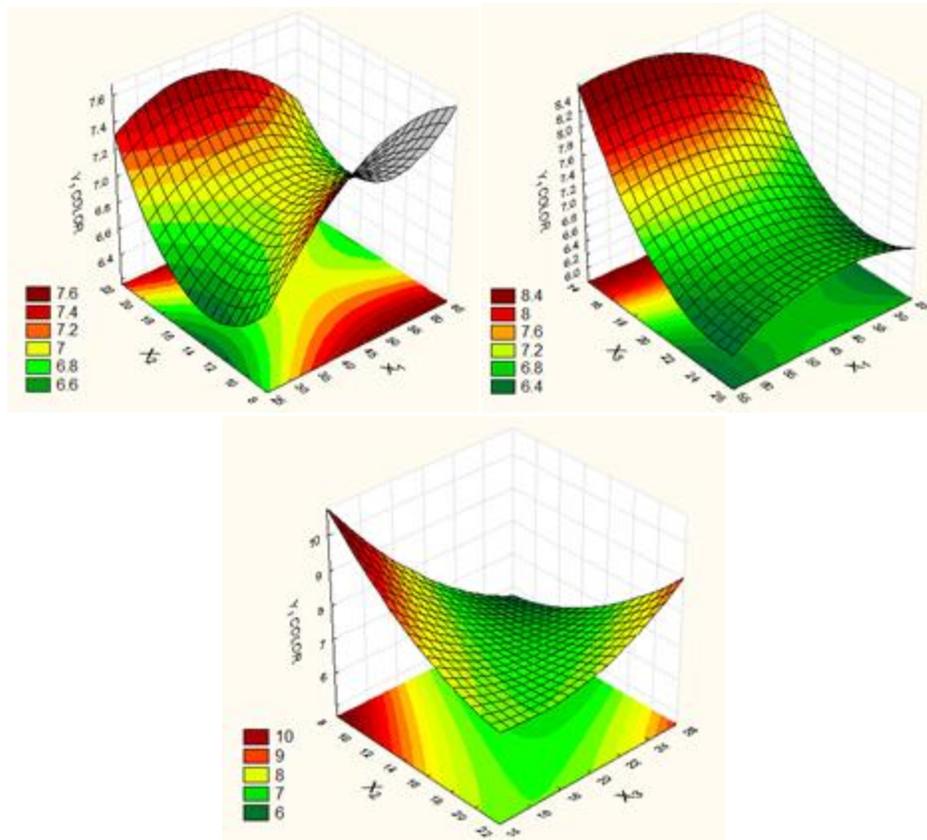


Figura 5. Grafica de superficie de respuesta para Y1= Color.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Estudio preliminar de la bondad de ajuste del modelo poblacional planteado para la respuesta Y_2 : olor.

Lo anterior da indicios de que la variabilidad de la respuesta olor, es explicada por los factores experimentales y dosis escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas. Tomando estos resultados como suficientes se escogió el modelo generado como adecuado para estudiar el proceso y; continuar con el análisis.

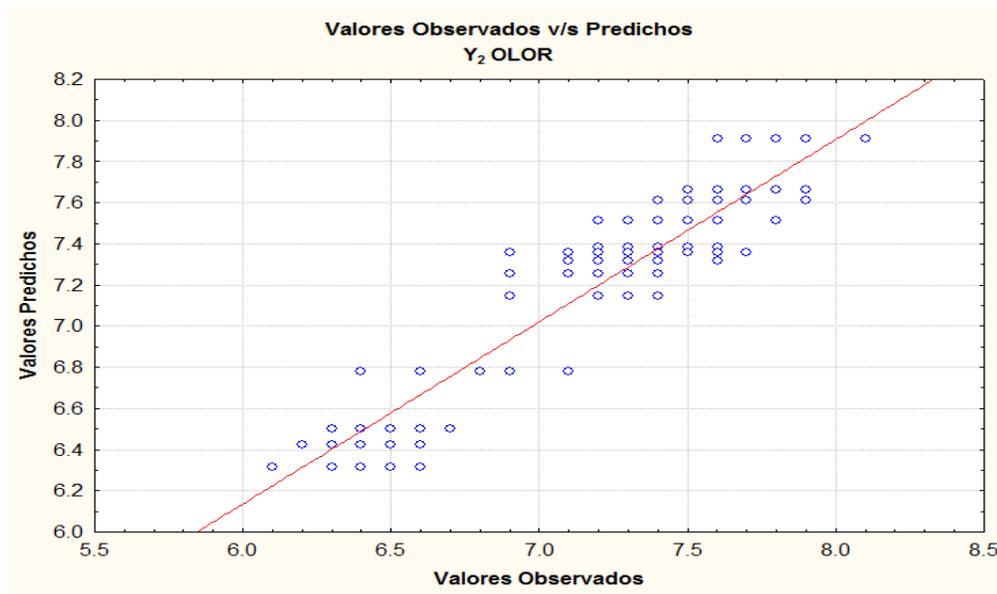


Figura 6. Grafica de valores predichos por el modelo ajustado contra los medidos Experimentalmente, para los datos de la respuesta olor.

Fuente: Cálculos propios.

La figura 6 siguiente, muestra que los datos no se distribuyen uniformemente alrededor de la línea, que aunque no están sobre ella, pudiera tomarse esto como un buen índice de bondad de ajuste del modelo para los datos de la respuesta olor.

Con el fin de determinar si hubo efecto significativo de tratamiento, significancia de la regresión, significancia de cada factor experimental, se construyó el análisis de la varianza (ANAVAR) para la variable olor.

Tabla 16

Análisis de la varianza del modelo poblacional para la respuesta olor.

<i>Fuente de Varianza</i>	<i>Grados de Libertad. GL</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Cuadrados Medios. CM=SC/GL</i>	<i>F CM_{factor}/CM_{error}</i>	<i>p<F</i>
Tratamiento	12	31,5855	2,63213	81,8921	0.00000**
Regresión.	9	31,4955	3,49950	108,8784	0.00000**
<i>X₁</i>	<i>1</i>	0,00200	0,00200	0,0622	0,803452
<i>X₁₁</i>	<i>1</i>	3,23141	3,23141	100,5373	0.00000**
<i>X₂</i>	<i>1</i>	0,28800	0,28800	8,9604	0.00331**
<i>X₂₂</i>	<i>1</i>	0,84003	0,84003	26,1353	0.00000**
<i>X₃</i>	<i>1</i>	1,68200	1,68200	52,3313	0.00000**
<i>X₃₃</i>	<i>1</i>	0,71510	0,71510	22,2486	0.00000**
<i>X₁₂</i>	<i>1</i>	11,66400	11,66400	362,8964	0.00000**
<i>X₁₃</i>	<i>1</i>	12,54400	12,54400	390,2754	0.00000**
<i>X₂₃</i>	<i>1</i>	0,52900	0,52900	16,4585	0.00009**
Falta Ajuste	3	0,09000	0,03000	0,9334	0.42667ns
Repetición	9	0,0223	0,00247	0,0770	0.99986ns
Error Puro	137	3,98967			
Rep.*Trat.	108	0,4357			
Error experimental	128	4,1141	0,03214		
Total	149	35,7219			

$$R^2 = (\text{SCReg}/\text{SCTot}) * 100 = (31,4955/35,7219) * 100 = 88,17\%$$

Fuente: Cálculos propios.

La tabla 16, para el ANAVAR del modelo de la respuesta olor, muestra que la fuente de variación tratamientos utilizados y la regresión o modelo utilizado son altamente significativo, además se observa que todos los términos del modelo son altamente significativos; además se observa que los términos X11, X2, X22, X3, X33, X12, X13 y X23 son altamente significativos a excepción de los factores X1 que resulto no significativo y estos resultados junto a la no significancia de la falta de ajuste y un R2 de 88,17%, muestran que hay una cierta bondad de ajuste o adecuación del modelo planteado, para los datos de la respuesta olor.

El R² indica que el 88,17%, de la variabilidad de la respuesta olor es explicada por los factores experimentales escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas, quedando un 11,83% sin explicar, quizás debido a que se dejó de introducir un factor importante desconocido, deficiencias del modelo o al error experimental.

La tabla 16 de ANAVAR muestra que la fuente de variación tratamiento, es altamente significativa, indicando ello que los tratamientos utilizados en la experimentación exploratoria fueron adecuados; y que tienen influencia significativa en la variabilidad de la respuesta olor, bajo el ajuste de datos con el modelo poblacional planteado. Respecto a la fuente de variación regresión (modelo poblacional), es altamente significativo, indicando esto que el modelo poblacional planteado con los tres factores experimentales explican la variabilidad de la respuesta olor, para las condiciones experimentales ensayadas.

En las graficas siguientes se puede observar que con valores altos de X_1 (60g) (Harina de arroz), con valores de X_2 (10-20)g de (Harina de amaranto) y valores de X_3 (22)g (almidon de maiz) para la respuesta Y_2 olor se puede obtener una aceptabilidad del producto por parte del panel semientrenado, con valores de (7,6 a 8,0) aproximadamente en una escala hedónica no estructurada con rango del 1 al 10, lo que podemos expresar en un porcentaje de 75% donde los factores experimentales evaluados dieron una respuesta satisfactoria a la utilización de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

En Las figuras 7, se muestran las gráficas de superficie de respuesta para la respuesta olor, en función de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

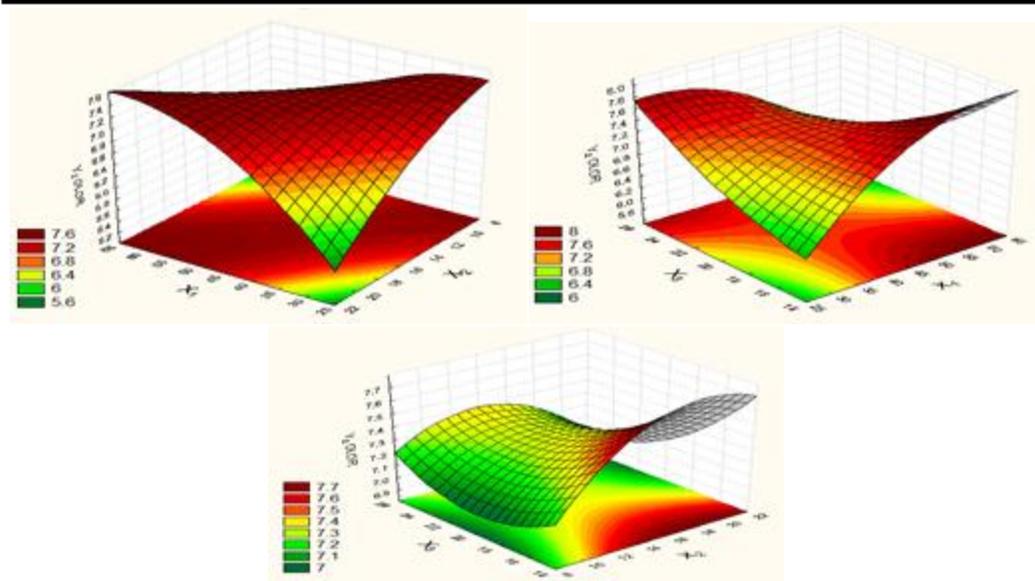


Figura 7. gráficas de superficie de respuesta para la respuesta olor, en función de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Estudio preliminar de la bondad de ajuste del modelo poblacional planteado para la respuesta Y_3 : textura.

En La figura 8, muestra que los datos no se distribuyen uniformemente alrededor de la línea, que aunque no están sobre ella, pudiera tomarse esto como un buen índice de bondad de ajuste del modelo para los datos de la respuesta textura al dente.

Lo anterior da indicios de que la variabilidad de la respuesta textura al dente, es explicada por los factores experimentales y dosis escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas. Tomando estos resultados como suficientes se escogió el modelo generado como adecuado para estudiar el proceso y; continuar con el análisis.

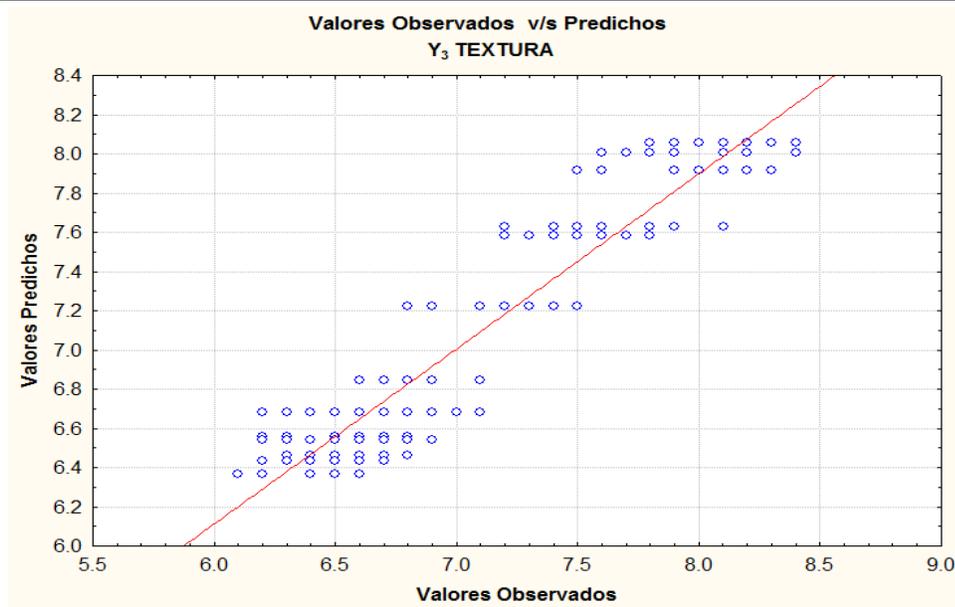


Figura 8. Grafica de valores predichos por el modelo ajustado contra los medidos Experimentalmente, para los datos de la respuesta textura al dente.

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de determinar si hubo efecto significativo de tratamiento, significancia de la regresión, significancia de cada factor experimental y de cada componente del modelo en la respuesta textura al dente y no significancia de la falta de ajuste, se construyó el análisis de la varianza (ANAVAR), tabla 17.

Tabla 17

Análisis de la varianza del modelo poblacional para la respuesta textura al dente.

<i>Fuente de Varianza</i>	<i>Grados de Libertad. GL</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Cuadrados Medios. CM=SC/GL</i>	<i>F CM_{factor}/CM_{error}</i>	<i>p<F</i>
Tratamiento	12	53,3907	4,44923	74,0381	0.00000**
Regresión.	9	53,2265	5,91405	98,4138	0.00000**
X₁	1	1,03513	1,03513	17,2252	0.00006**
X₁₁	1	4,06164	4,06164	67,5884	0.00000**
X₂	1	0,48050	0,48050	7,9958	0.00544**
X₂₂	1	1,14156	1,14156	18,9964	0.00003**
X₃	1	1,22513	1,22513	20,3869	0.00001**
X₃₃	1	25,64103	25,64103	426,6837	0.00000**
X₁₂	1	0,65025	0,65025	10,8206	0.00129**
X₁₃	1	16,12900	16,12900	268,3973	0.00000**
X₂₃	1	2,86225	2,86225	47,6297	0.00000**
Falta Ajuste	3	0,16425	0,05475	0,9111	0.43767ns
Repetición	9	0,0080	0,00089	0,0148	0.99753ns
Error Puro	137	6,35367			
Rep.*Trat.	108	0,6641			
Error experimental	128	7,6920	<u>0,06009</u>		
Total	149	61,0907			

$$R^2 = (\text{SCReg}/\text{SCTot}) * 100 = (53,2265/61,0907) * 100 = 87,13\%$$

Fuente: Cálculos propios.

La tabla 17 para el ANAVAR del modelo la respuesta textura al dente, muestra que la fuente de variación tratamientos utilizados y la regresión o modelo utilizado son altamente significativos, además se observa que los términos X₁, X₁₁, X₂, X₂₂, X₃, X₃₃, X₁₂, X₁₃ y X₂₃ son altamente significativos, estos resultados junto a la no significancia de la falta de ajuste y un R² de 87,13% muestran que hay cierta bondad de ajuste o adecuación del modelo planteado, para los datos de la respuesta textura al dente. Así mismo se muestra los resultados para la fuente de variación tratamiento, es altamente significativa, indicando ello que los tratamientos utilizados

en la experimentación exploratoria fueron adecuados; y que tienen influencia significativa en la variabilidad de la respuesta textura al dente, bajo el ajuste de datos con el modelo poblacional planteado.

Respecto a la fuente de variación regresión (modelo poblacional), es altamente significativo, indicando esto que el modelo poblacional planteado con los tres factores experimentales explican la variabilidad de la respuesta *textura al dente*, para las condiciones experimentales ensayadas. El R^2 indica que el 87,13%, de la variabilidad de la respuesta textura al dente es explicada por los factores experimentales escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas, quedando un 12,97% sin explicar, quizás debido a que se dejó de introducir un factor importante desconocido, deficiencias del modelo o al error experimental.

En las graficas anteriores se puede observar que con valores altos de X_1 (30-55)g (Harina de arroz), con valores de X_2 (8-14)g de (Harina de amarato) y valores X_3 (14-22)g (almidon de maiz) para la respuesta Y_3 textura al dente se pueden obtener una aceptabilidad del producto por parte del panel semientrenado, con valores de (7,0 a 8,6) aproximadamente en una escala hedónica no estructurada con rango del 1 al 10, lo que podemos expresar en un porcentaje de 75% donde los factores experimentales evaluados dieron una respuesta satisfactoria a la utilización de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

Las figuras 8, muestran las gráficas de superficie de respuesta para la respuesta *textura*, en función de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

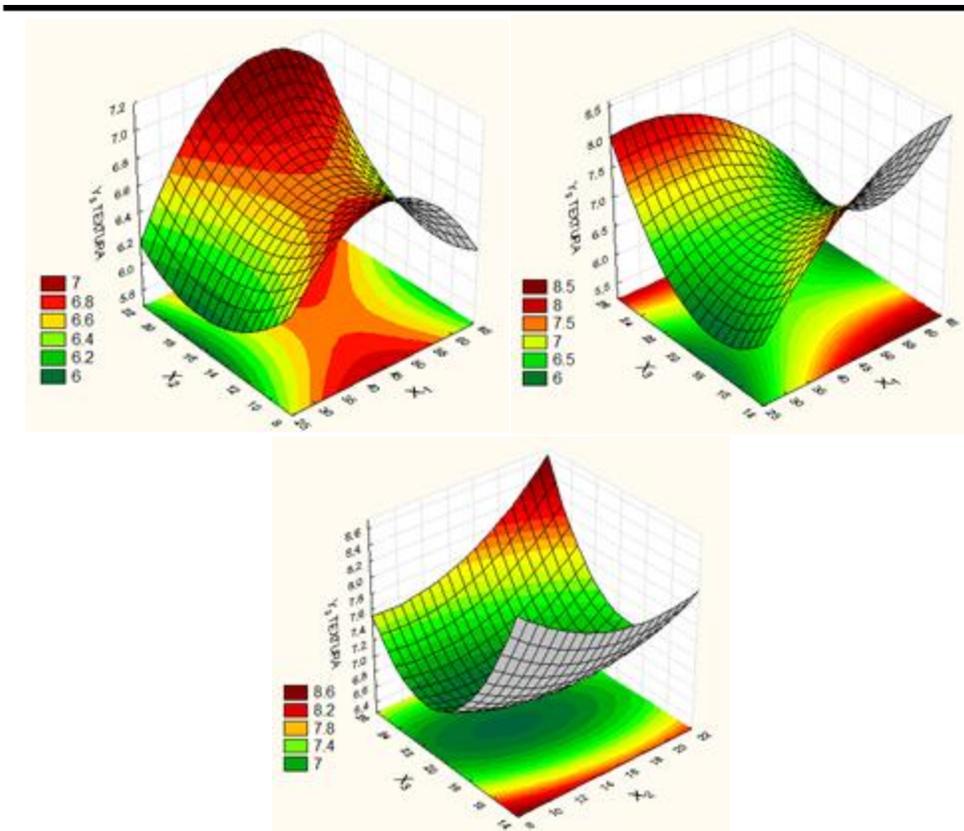


Figura 9. Grafica de superficie de respuesta para $Y_3 = \text{textura}$.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Estudio preliminar de la bondad de ajuste del modelo poblacional planteado para la respuesta Y_4 : gusto.

En la figura 10 siguiente, se muestra que los datos no se distribuyen uniformemente alrededor de la línea, que aunque no están sobre ella, pudiera tomarse esto como un buen índice de bondad de ajuste del modelo para los datos de la respuesta gusto.

Lo anterior da indicios de que la variabilidad de la respuesta gusto, es explicada por los factores experimentales y dosis escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas. Tomando estos

resultados como suficientes se escogió el modelo generado como adecuado para estudiar el proceso y continuar con el análisis.

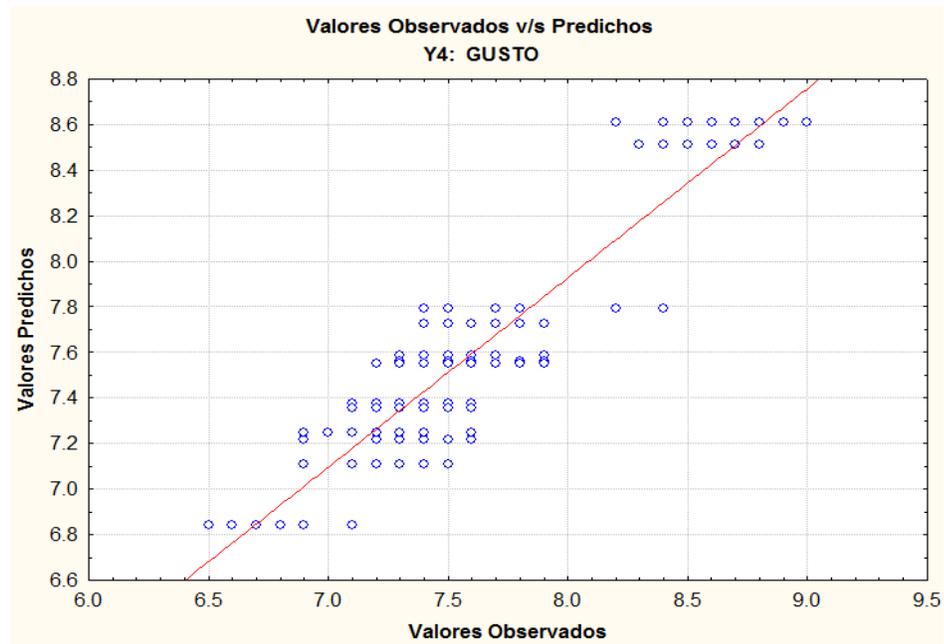


Tabla 18

Análisis de la varianza del modelo poblacional para la respuesta gusto.

<i>Fuente de Varianza</i>	<i>Grados de Libertad. GL</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Cuadrados Medios. CM=SC/GL</i>	<i>F CM_{factor}/CM_{error}</i>	<i>p<F</i>
Tratamiento	12	30,1693	2,51411	46,5954	0.00000**
Regresión.	9	29,9398	3,32665	61,6546	0.00000**
<i>X₁</i>	1	1,15200	1,15200	21,3506	0.00001**
<i>X₁₁</i>	1	0,52067	0,52067	9,6499	0.00233**
<i>X₂</i>	1	0,01800	0,01800	0,3336	0.56456ns
<i>X₂₂</i>	1	7,18898	7,18898	133,2372	0.00000**
<i>X₃</i>	1	2,31200	2,31200	42,8495	0.00000**
<i>X₃₃</i>	1	4,88544	4,88544	90,5445	0.00000**
<i>X₁₂</i>	1	2,55025	2,55025	47,2651	0.00000**
<i>X₁₃</i>	1	11,13025	11,13025	206,2829	0.00000**
<i>X₂₃</i>	1	0,18225	0,18225	3,3777	0.06840ns
Falta Ajuste	3	0,22950	0,07650	1,4178	0.18701ns
Repetición	9	0,1867	0,02074	0,3845	0.94077ns
Error Puro	137	6,04800	0,04415		
Rep.*Trat.	108	0,9849	0,00912		
Error experimental	128	6,9064	0,05396		
Total	149	37,2624			

$$R^2 = (SC_{Reg}/SC_{Tot}) * 100 = (29,9398/37,2624) * 100 = 80,35\%$$

Fuente: Cálculos propios.

La tabla 18 para el ANAVAR del modelo la respuesta gusto, muestra que la fuente de variación de los tratamientos utilizados y la regresión o modelo utilizado son altamente significativos; además se observa que todos los términos del modelo son altamente significativos; $X_1, X_1^2, X_2^2, X_3, X_3^2, X_{12}, X_{13}$ con la excepción de X_2 y X_{23} que resulto no significativo; y estos resultados junto a la no significancia de la falta de ajuste y un R^2 de 80,35%, muestran que hay cierta bondad de ajuste o de cualidades mínimas esperadas del modelo planteado, para los datos de la respuesta gusto.

Se observa que la fuente de variación tratamiento, es altamente significativa, indicando ello que los tratamientos utilizados en la experimentación exploratoria fueron adecuados; y que tienen influencia significativa en la variabilidad de la respuesta gusto, bajo el ajuste de datos con el modelo poblacional planteado.

Respecto a la fuente de variación regresión (modelo poblacional), es altamente significativo, indicando esto que el modelo poblacional planteado con los tres factores experimentales explican la variabilidad de la respuesta *gusto*, para las condiciones experimentales ensayadas. El R^2 indica que el 80,35%, de la variabilidad de la respuesta gusto es explicada por los factores experimentales escogidos, con el modelo seleccionado, bajo las condiciones experimentales ensayadas, quedando un 19,65% sin explicar, quizás debido a que se dejó de introducir un factor importante desconocido, deficiencias del modelo o al error experimental.

En las graficas anteriores se puede observar que con valores altos de X_1 (30-55)g (Harina de arroz), con valores de X_2 (12-18)g de (Harina de amaranto) y valores de X_3 (14-22)g (almidon de maiz) para la respuesta Y_4 gusto se pueden obtener una aceptabilidad del producto por parte del panel semientrenado, con valores de (7,8 a 9,0) aproximadamente en una escala hedónica no estructurada con rango del 1 al 10, lo que podemos expresar en un porcentaje de 75% donde los factores experimentales evaluados dieron una respuesta satisfactoria a la utilización de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

En las figuras 11 se muestran las gráficas de superficie de respuesta para la respuesta *Gusto*, en función de los factores experimentales X_1 , X_2 y X_3 .

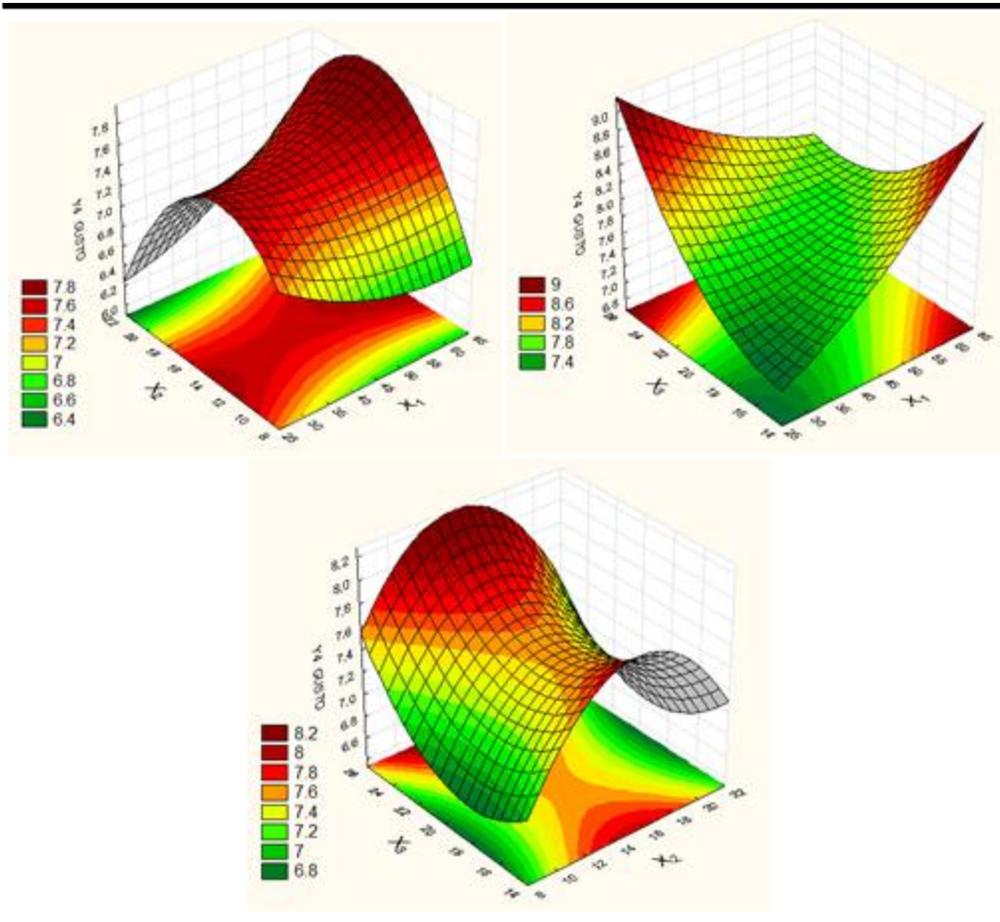


Figura 11. Gráfica de superficie de respuesta para Y_4 = Gusto.
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Para el análisis de las respuestas sensoriales; color, olor, textura al paladar y gusto, de los diferentes tratamientos de la galleta, utilizando optimización multiobjetivo, con el fin de determinar la combinación de mayor aceptación.

Para la Co-Optimización estadística de parámetros de calidad, en la figura 12 se muestra un gráfico Interactivo, Visual y Dinámico, de Perfiles de Respuesta y Funciones de Deseabilidad, para cuatro respuestas predicha Y_1 : color, Y_2 : olor, Y_3 :

textura al dente y Y_4 : gusto, en función de 3 factores experimentales X_1 : harina de arroz, X_2 : harina de amaranto y X_3 : almidón de maíz.

Esta grafica muestra los valores de las variables experimentales; X_1 , X_2 : y X_3 , ubicadas al fondo se muestra la graficas de distribución de las variables independientes X_1 , X_2 : y X_3 . Siendo entonces que en la figura 12 se observa que con la combinación de $X_1=60g$, $X_2=16,39g$ y $X_3=15,10g$, los valores de respuestas indican que el producto tendrá una calidad predicha de: $Y_1=7,85$; $Y_2=8,07$; $Y_3=8,00$ y $Y_4=8,53$. Así, se puede modificar cualquier valor de los factores del proceso, hasta que satisfaga los requerimientos o rango de calidad del consumidor particular, además se minimicen los costos económicos y el impacto ambiental.

Aplicando la metodología del 6σ la cuales reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente, con una meta ambiciosa de obtener 3,4 DPMO (99,99966% de eficiencia); clasificándose la eficiencia de un proceso en base a su nivel de sigma.

Para el caso de este trabajo de investigación se obtuvo un sigma de 3,8 DPMO equivalente a una eficiencia de 98,93%, el cual es un índice estadístico de capacidad de un proceso de aseguramiento de la calidad bastante bueno y de una deseabilidad aceptable al consumidor.

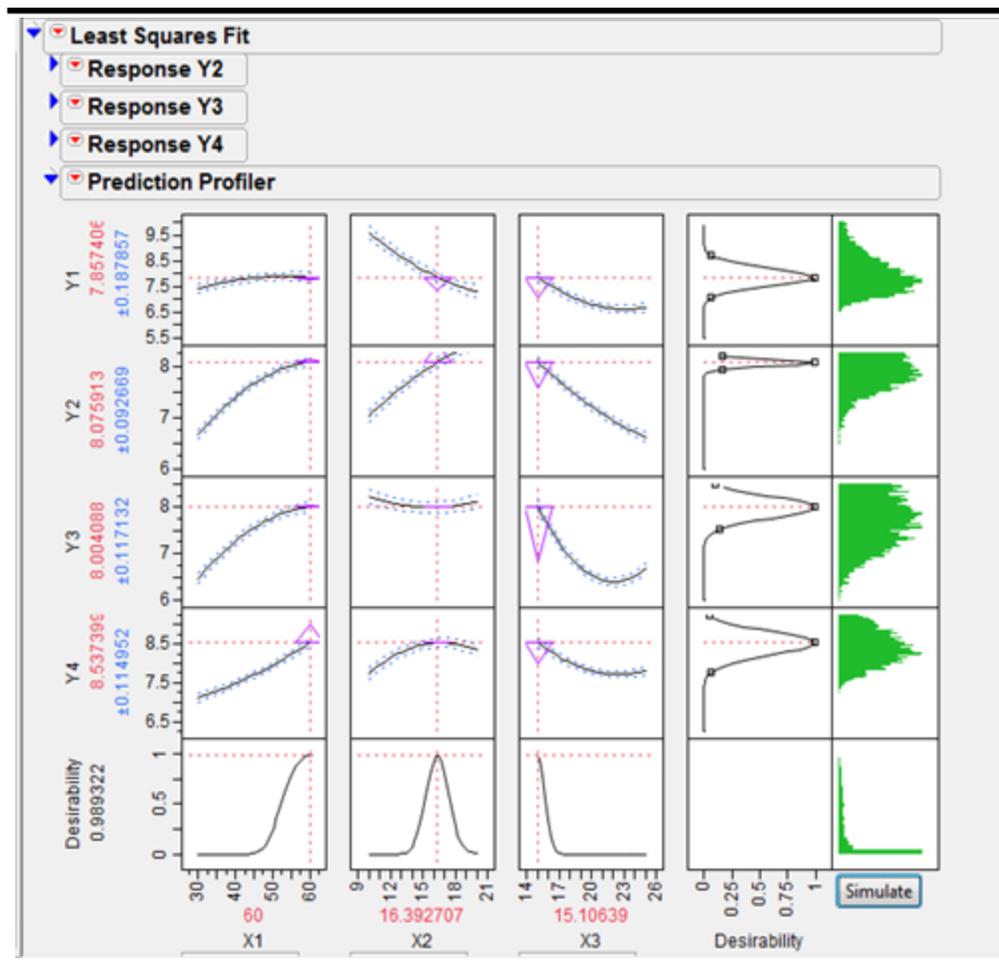


Figura 12. Co-Optimización estadística de parámetros de calidad.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Comparación de los análisis en las escalas hedónica estructurada y hedónica no estructurada

De acuerdo con los resultados de los análisis en las dos escalas hedónicas estructurada donde se utilizó *Regresión Logística* y no estructurada y *Superficie de respuesta*, bajo diseño con un Box-Behnken de 15 tratamientos. Se pudo observar que utilizando *Regresión Logística* para la escala hedónica estructurada el tratamiento T6 fue el que más gusto al panel semientrenado.

Se pudo observar en las diferentes respuestas mostrada en los gráficos de regresión logística representadas en las figuras anteriores, que el tratamiento número Seis (T6) fue la que más gusto al panel semientrenado que se les realizaron las encuestas, en la respuesta sensorial color fue la preferida con un $\beta_j = -0,36978$, ocupa el segundo lugar en la respuesta sensorial textura con un $\beta_j = -0,40844$ y la respuesta sensorial gusto también fue la preferida con un $\beta_j = -0,48273$.

Se pudo observar que utilizando Superficie de respuesta, bajo diseño con un Box-Behnken de 15 tratamientos para la escala hedónica no estructurada, las gráficas de superficie de respuesta representadas en las figuras anteriores se puede reflejar que el tratamiento T6 fue el que más gustaron al panel semientrenado con rango de valores para T6 de deseabilidad de (7,75 - 8) para color, (7,6 - 8) para olor, (7 - 8,6) para textura y (7,8 - 9) para gusto.

Una vez evaluada la comparación de los dos métodos anteriormente descritos podemos denotar, que el resultado es el mismo, es decir, no hubo diferencia en la respuesta ya que T6 fue la que más gusto para ambos casos o métodos comparados.

4.4. Análisis y resultados de la caracterización de la muestra o tratamiento que más gustó.

Siendo que los resultados del tratamiento (T- 6), fue el que más gusto en virtud a las respuestas del panel de consumidores semientrenados, se muestra en la tabla 19 los valores obtenidos de los análisis físicos químicos de la galleta que más gusto.

Tabla 19

Caracterización fisicoquímica de las galletas, tratamiento (T- 6).

Componente	Composición proximal (T-6)%	Composición proximal (Galleta comercial)
Humedad	3.08	3.33
pH	6.39	6.51
Textura	1155 (gf)	1850 (gf)
Diámetro	59.30(mm)	59.5
Espesor	9.65 (mm)	9.6

Fuente. Cálculos propios.

En términos generales se obtuvo un producto con mejor características físicos químicos y sensoriales, aceptables al consumidor, desarrollando estadísticamente resultados predictivos que permitieron que la elaboración de galletas conocida como un proceso lineal, donde lo de uso tradicional es suplantada por la innovación tecnológica al incorporación materia prima no convencional, consiguiendo con ello la integración de una serie de situaciones económicas y socioculturales que muchos autores han trabajado en términos de sus impactos e implicaciones en el sector alimenticio. Así pues, se entiende por tecnología al conjunto de conocimientos específicos y de procesos para transformar la realidad y resolver algún problema (Lara, 1998: 7).

Siendo entonces la elaboración de galletas con harinas compuestas de Arroz, harina de Amaranto y almidón de maíz, una alternativa o solución para aquellos pacientes intolerantes al gluten, por otra parte contribuye en motivar a las pequeñas industrias a transformar materia prima nacional como un elemento clave en el desarrollo del sector agroindustrial y claramente necesario para incrementar los grados de competitividad de otras fuerzas productivas nacionales o internacionales.

4.4.1. Discusión de resultado de la caracterización de la galleta que más gusto en el panel de consumidores.

Tal como se muestra en las tablas 19 la fórmula de mayor preferencia fue la identificada como T-6, la cual exhibió los mayores registros para todos los atributos evaluados. En la cual se realizó una comparación en cuanto a las características físicas químicas de una galleta comercial y la galleta elaborada con harina de arroz, harina de amaranto y almidón de maíz, en este caso identificada como T-6 que obtuvo mayor nivel de agrado por parte del panel de consumidores semientrenados.

En comparación con las galletas, se observó (Tabla 19) que T-6 presentó diferencias no significativa en el contenido de humedad en relación a la galleta de origen comercial, considerando que los valores máximo para este producto es de (5%) especificado en la norma Covenin1483:2001, donde T-6 se mantiene dentro del mínimo rango establecido, siendo esta una de las característica de mayor interés ya contenido de humedad está relacionada con el equilibrio de la actividad de agua en el producto, siendo parte esencial para el aseguramiento de la calidad y para la vida útil del mismo.

La formulación T-6 presentó un valor de pH (6.39), manteniéndose dentro de los valores establecidos según los requerimientos de la norma Covenin 1483:2001, sin diferencias significativas en relación a la galletas comercial, por otra parte los valores de texturas tienen diferencias entre los valores de T-6 y la galletas comercial, estando este en un valor mínimo con relación a la muestra a comparar, cabe destacar que los parámetros de textura son establecidos por cada fabricante según el nivel de agrado que se obtengan por parte de los consumidores, en este sentido los resultados de textura al dente tuvo un nivel de agrado de (7,0 a 8,6) aproximadamente en una escala hedónica no estructurada con rango del 1 al 10, lo que podemos expresar en un porcentaje de 75% de los factores experimentales.

Los resultados para el diámetro y espesor de la galleta identificada como T-6 mostro un desarrollo en cuanto a la expansión y volumen similar al de la galleta de origen comercial lo cual nos indica que a pesar de elaborar una galleta libre de gluten, la misma no se ve afectada al no contener esta proteína característica de las harinas de trigo, encargada del desarrollo del volumen en los productos de pastelería.

Es de interés mencionar que las galletas cumplen con un factor de calidad muy importante de los alimentos procesados siendo la seguridad, la confiabilidad y lo apetecible las características que destacan en este producto, por otra parte la utilización de parámetros tecnológicos, físicos, químicos, nutricionales y sensoriales para lograr que un alimento sea sano y sabroso con el objetivo de proteger al consumidor y poder brindarle alimentos más saludables.

Gracias a los avances científicos y técnicos permiten hoy producir alimentos que se adaptan mejor a las demandas de los consumidores de una manera segura, con procesos productivos más sostenibles y eficientes, cubriendo la demanda de mercados globales, así como también permitiendo la integración de los proyectos sociales.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados de la investigación realizada, bajo las condiciones y premisas establecidas, se concluye que:

1. Utilizando la plataforma Industrial Statistics & six sigma, se generó un modelo de diseño experimental con la opción Box-Behnken Designs; de allí se selecciona la opción 3/1/15, esto con el fin de elaborar 15 galletas con harinas compuestas de arroz, amaranto y almidón de maíz, libre de gluten.
2. El producto obtenido de acuerdo con los análisis realizados en la metodología y comparado con la norma Covenin 1483:2001 es un producto de buena calidad, con unas características organolépticas y nutricionales deseables ya que los aportes nutricionales que genera la materia prima, como es mencionado al inicio de trabajo, permitieron el desarrollo de este producto, además de ser una materia prima de alta calidad y de bajo costo, el rendimiento puede calificarse como bueno, siendo necesario destacar lo innovador de la harina de amaranto en la formulación del alimento, siendo que es un rubro poco conocido en Venezuela.
3. La mezcla escogida fue idónea, pues las características del producto final obtuvieron una respuesta excelente por parte del panel semientrenado que se seleccionó. De la misma manera el modelo poblacional de regresión lineal múltiple cuadrático con interacciones de primer orden, fue excelente en ajustar los datos biométricos de la evaluación sensorial del producto galletas con harinas compuestas.
4. La tecnología estadística-matemática-gráfica utilizada, con los software Statistica 8 y JMP 8, con el modelo poblacional planteado, fueron excelente en realizar la comparación de los tratamientos.
5. De acuerdo con los resultados de los análisis en la dos escalas hedónicas estructurada donde se utilizó regresión logística y no estructurada donde se utilizó superficie de respuesta una vez evaluada la comparación de los dos métodos anteriormente descritos podemos denotar, que el resultado es el

mismo, es decir, no hubo diferencia en la respuesta ya que T-6 fue la que más gusto para ambos casos o métodos comparados.

6. La muestra o tratamiento **T- 6** es la mejor ya que superó el resto de los tratamientos en sus frecuencias (Color, Textura y Gusto), en una escala hedónica estructurada como lo demuestran los resultados arrojados por el análisis.
7. La inclusión de la harina de arroz y harina de amaranto en el diseño de una fórmula de galletas, generó un producto ajustado a las especificaciones de la norma Covenin 1483:2001, con estabilidad en sus características físicas y sensoriales. $X_1=60g$, $X_2=16,39g$ y $X_3=15,10g$, los valores de respuestas indican que el producto tendrá una calidad predicha de: $Y_1=7,85$; $Y_2=8,07$; $Y_3=8,00$ y $Y_4=8,53$. Así, se puede modificar cualquier valor de los factores del proceso, hasta que satisfaga los requerimientos o rango de calidad del consumidor particular, además se minimicen los costos económicos
8. Se obtuvo una galleta de harina compuesta con atributos sensoriales color, olor, sabor y textura aceptable al panel de consumidores.
9. Se determinó que las galletas elaboradas con harinas compuestas no observan diferencias significativas en relación a las galletas de origen comercial, en términos de características físico químico como lo son, % de humedad, pH, textura, diámetro y espesor, generando un producto ajustado a los procesos tecnológicos ajustado y a las necesidades del consumidor.

RECOMENDACIONES

1. Para la elaboración de galletas se deben tener en cuenta las buenas prácticas de manufacturas, un ambiente controlado de temperatura y el uso de equipo de protección personal a fin de minimizar la contaminación del producto.
2. Variar diferentes aspectos de la composición partiendo del tratamiento T-6 de la formulación para así obtener diversos productos de la misma gama de mejor calidad en el área de la repostería.
3. Realizar ajuste en la formulación a partir del tratamiento T-6 a fin de minimizar la cantidad de almidón de maíz en el producto final y con ello mejorar los valores de textura.
4. Promover más trabajos en esta misma área, sugiriendo la utilización de harinas no convencionales como lo es harina de amaranto teniendo en cuenta su alto valor nutritivo y su generosa producción en la región, y con ello darle valor agregado a este tipo de materia prima.
5. Incentivar a los estudiantes de carreras concernientes a la tecnología de alimentos, a seguir innovando para así poder ampliar las opciones en el mercado de los productos libre de gluten y como una alternativa de alimentos para pacientes celíacos.
6. Evaluar la vida útil de este producto a fin de realizar ajustes que permitan garantizar sus características fisicoquímicas y sensoriales en el tiempo.

Anexos

Fe: 04/08/21
Ho: 7.59.39

04000 INDUSTRIAS DEL MAIZ, C.A.
Rif: J000195625
AV LA ESTANCIA EDIF GENERAL DE SEGUROS
PISO 8 OF NA URB CHUAO CARACAS (CHACAO)
MIRANDA ZONA POSTAL 1070

CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

Telefono: 0212 7009900

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Envío desde ubic: ENVASADO
Suc/planta: PT4001

Nom: GALLETERA TRIGO DE ORO, C.A.
Direc: AV INDUSTRIAL AL LADO DEL INCE N° S/N
VE BARINAS 05 5201

Número de fact: _____
Orden de clientes: 21002227
Art: 1042346 ALMIDON ARCO REX 25 KG
Nro. Lote: SC51
Fecha de fabric: 28/04/21
Fecha Vencimiento: 27/10/22
Cantidad: 500.000

Identificación de prueba	Método	Valor de Prueba	Valor Mínimo	Valor Máximo
Humedad, %	IT-COR-ACT-018	12.4	10.5	13.0
pH	IT-COR-ACT-019	5.4	4.8	6.0
Proteína total, % (b.h.)	IT-COR-ACT-037	.30	0	.50
Viscosidad Scott, s (12 g)	IT-IND-ACI-027	91	70	-
Dióxido de Azufre, ppm	IT-IND-ACI-014	19	0	50
Residuo No Soluble (NSR)	IT-COR-ACT-045	A	A	B
Pasante malla USS 140, %	IT-COR-ACT-017	99.0	95.0	99.999999999.1
Mohos y Levaduras, ufc/g	IT-COR-ACT-055	<10	0	500
Coliformes Totales, NMP/g	IT-COR-ACT-052	<3	<3	<3
Aerobios mesófilos, ufc/g	IT-COR-ACT-051	320	0	5000
MONITOREO DETECTORES D METALES	IT-IND-ACI-004	CONFORME	CONFORME	CONFORME
Salmonella, 25 g	IT-COR-ACT-063	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
Coliformes Fecales, NMP/g	IT-COR-ACT-052	<3	<3	<3

Maria Isabel Rodriguez
Gte aseg calidad

Los datos de los análisis de este certificado son válidos para el lote del producto descrito y son realizados directamente luego de su manufactura. El manejo inadecuado en el transporte y/o almacenamiento puede causar cambio de estos valores.

Este certificado de calidad no exime al Usuario de hacer su propia evaluación de las características del producto, y dar conformidad para los propósitos especificados. Este documento ha sido impreso por un sistema computarizado y es válido sin la firma.

Su opinión es importante: 0800-INDELMA (0800-4633562). Otros números de contacto: (58-0244) 6631140, 6632320, 4173167, 4173275, 4173289. Fax: (58-0244): 6632855, 6633736.

PROGEL, C.A.
S.R.L.

PROGELCA

PROGEL, C.A.
Av. 31 con calle 05,
Parcela N° 12
Zona Industrial de Araure,
Araure – Edo. Portuguesa
Teléfono: 0255-665-15-82

DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

CERTIFICADO DE CALIDAD

Ciente: INDUSTRIAS ALIMENTICIAS ITALIA, C.A.
Producto: HARINA DE ARROZ USO INDUSTRIAL
Fecha: 22/02/2021
Número de Factura: 0000006813
Número de la guía: 116890477
Nombre del Conductor: ANSELMI MORALES
Cedula de Identidad: V- 12.877.335
Matricula del Transporte: A45BZ6G

CANTIDAD	LOTE
30 SACOS	030220212

TOTAL 30 Sacos de 30 kilos c/u = 900 Kg.

Evaluación Sensorial y Física

- Color: Crema
- Olor: Característico
- Sabor: Característico
- % Humedad: 5,92 % (promedio)

Las áreas de producción, empaque, almacenes de materia prima y producto terminado, en los cuales se elaboran nuestros productos alimenticios (Referidos en este certificado) están sometidas a un programa semanal de control de plagas, a través del uso de productos comerciales específicos para tal fin, (DelTrac / Drago / Foscam).

El vehículo ha sido sometido a limpieza y fumigación por asperjado.

Mauro Bafunno
ING. MAURO BAFUNNO
19.585.602
PROGELCA

PROGEL C.A.

ANSELMI MORALES
V- 12.877.335
CONDUCTOR

78072101







REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Apro N. 2009. VIDA SIN TACC Alimentos para celíacos, [Documento en línea]. <https://docplayer.es/12526893-Vida-sin-tacc-alimentos-para-celiacos-disertante-ing-nicolas-apro-director.html>.

Hernández A. 2013. Los Retos De La Industria Alimentaria Ante La Seguridad y Los Hábitos Nutricionales Saludables. España, Facultad de Economía Universidad de Valencia, [Documento en línea]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=610533>

Nava I y Engo N. 2012. Industria Alimentaria y Nutrición. Latinoamérica, Énfasis Alimentación, [Documento en línea]. En <https://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2015/2/art-3/>

Toaquiiza, N. 2012. Elaboración de galletas con sustitución parcial de Harina de Amaranto INIAP-Alegría (amaranthuscaudatus) y PANELA”, [Documento en línea]. <https://repositorio.uta.edu.ec/browse?type=author&value=toaquiiza+vilca+nelly+alejandra>

Rodríguez 2014/2015. ELABORACIÓN DE Patricia GALLETAS SIN GLUTEN CON MEZCLAS DE HARINA DE ARROZ ALMIDÓN-PROTEÍNA, [Documento en línea]. <https://core.ac.uk/download/pdf/211098739.pdf>

Gómez Gordillo AM, Rodríguez G, Huayllasaca L, Miniet A, Huaca A, Araujo C. 2019-2021. Determinación del porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto en la elaboración de galletas. , [Documento en línea].

Fondonorma. 2001. COVENIN. Comisión Venezolana de normas industriales. Norma N°1483:2001 alimentos. Galletas. Caracas, Venezuela. [Documento en línea]. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1483-01.pdf>

Mollejo V. 2018. https://www.alimente.elconfidencial.com/gastronomia-ycocina/2018-10-22/almidon-cocina-usos-alimentos-beneficios_1625491/

Quimplex S.A. DE C.V. 2012. Almidón de Maíz grado alimenticio. [Documento en línea]. <http://www.quimplex.com/?p=449>

Naturvegan Ecológico S.L. (2021). Almidón de Maíz.[Documento en línea]. <https://www.ecoagricultor.com/almidon-maiz-que-es-para-que-sirve-beneficios-como-usarlo-harina>

Pishchepromizdat, 1950. , La tecnología de producción de almidón y melaza, [Documento en línea]. <https://es.baker-group.net/raw-materials-and-semi-finished-products/raw-materials-and-ingredients/starch-confectioner-s-guide.html>

Pishchepromizdat, 1952. B y por un tion of de almidón y melaza, [Documento en línea]. <https://es.scribd.com/document/362825204/Determinacion-de-Almidon-en-Distintos-Alimentos>

Acosta H, 2015. Universidad del valle Facultad de ingeniería Escuela de ingeniería de alimento Cali, colombia, [Documento en línea]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/8889/cb0529111.pdf?sequence=1>

Artero A, 2018. El gluten y de la celiacía Empresa editora titania compañía editorial s.l., director general. [Documento en línea]. <https://www.nutricionhospitalaria.org/articles/02913/show>

Guevara F y Bello L. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. [Documento en línea]. <http://bitacora.ingenet.com.mx/2016/05/la-ciencia-detras-del-amaranto/>

Jacobsen, S., S. Sherwood. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP), Catholic Relief Services (CRS). Quito, Ecuador. 90 p. [Documento en línea]. <https://xdoc.mx/documents/cultivo-de-granos-andinos-en-ecuador-6010f5ad6e9f2>

Perez C. (2010). Caracterización de harinas con semillas de amaranto, química central vol. N°. 01:61-70. [Documento en línea]. <file:///C:/Users/Carlos%20Mendoza/Downloads/1191-texto%20del%20art%C3%ADculo-4526-1-10-20181024.pdf>

FAO. (1997). Producción y Protección Vegetal N° 26. Kiwicha (Amaranthuscaudatus) Roma, Italia 143-146. [Documento en línea]. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ortega P, Barboza Y, Piñero M y Parra K, 2016. Sistema de Información Científica, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España. Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del cauñil como alternativa de un alimento funcional Multiciencias, vol. 16, núm. 1, 2016, pp. 76-86. [Documento en línea]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90450808010>

Duncan J, Manley R. 2009. Tecnología de la Industria Galletera, ed. 198, Guía Macro de Prácticas Correctas en el Sector de Fabricación de Galletas, Asociación Profesional de Fabricantes de Galletas de España. [Documento en línea]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=94617>

Patricia Rodríguez Carbajo, 2014. Desarrollo e Innovación de Alimentos. E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia), Universidad de Valladolid. [Documento en línea]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/15107/TFM-L%20249.pdf;jsessionid=2082F0164E859AC474D8A06BA2E75512?sequence=1>

Fondonorma. 2001. COVENIN. Comisión Venezolana de normas industriales. Norma N°1483:2001 alimentos. Galletas. Caracas, Venezuela. [Documento en línea]. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1483-01.pdf>

BenitezL.2014. Manual de Prácticas de Bromatología. Facultad de Salud Pública – ESPOCH. Boletín informativo Punto Franco Agrocommodities. [Documento en línea]. https://acta.org.co/acta_sites/alimentoshoy/index.php/hoy/article/viewFile/314/282.

Witting de Penna E. 2008. Evaluación Sensorial, Una metodología actual para la tecnología de alimentos. Biblioteca digital de la Universidad de Chile, 2001. <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>.

Etaio I, Pérez F, Albisu M, Salmerón J, Ojeda M, Gastón E. 2007. Guía para la evaluación sensorial de la calidad de los vinos tintos de Rioja Alavesa. Vinos jóvenes y vinos con crianza en bodega. Colección LUR N° 10. Gobierno Vasco, Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación, Universidad del País Vasco, Asociación de Bodegas Vascas Alavesa, LASEHU, Vitoria-Gasteiz, 2007. [Documento en línea]. <https://pdfcoffee.com/evaluacion-sensorial-de-los-alimentos-2-pdf-free.html>.

Totora C, 2014. **Diseño de Mezcla.** [Documento en línea]. <https://es.scribd.com/doc/155983295/DISENO-DE-MEZCLAS>.

Delgado, D. (s/f). Lista de verbos usados en la formulación de objetivos de investigación. [investigacion.investigacion3b3n.pdf](https://contaduria4ua.files.wordpress.com/2011/09/lista-de-verbos-objetivos-de-). Consulta: 2016, enero 13. [Documento en línea]. <https://contaduria4ua.files.wordpress.com/2011/09/lista-de-verbos-objetivos-de->