

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Elaboración de galletas bajas en grasa utilizando inulina y polen

**John Francis Brunet Darquea
Erick Vicente Cerpa Cadena**

Ingeniería en alimentos

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero en alimentos

Quito, 16 de Diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Elaboración de galletas bajas en grasa utilizando inulina y polen

**John Francis Brunet Darquea
Erick Vicente Cerpa Cadena**

Nombre del profesor, Título académico

Maria Gabriela Vernaza Leoro, Ph.D

Quito, 16 de Diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: **John Francis Brunet Darquea**

Códigos: 00132839

Cédulas de identidad: 1754975306

Lugar y fecha: Quito, 16 de Diciembre de 2022

Nombres y apellidos: **Erick Vicente Cerpa Cadena**

Códigos: 00207821

Cédulas de identidad: 1003946595

Lugar y fecha: Quito, 16 de Diciembre de 2022

AGRADECIMIENTOS

John Brunet:

Agradezco muchísimo a mi madre por su ayuda, paciencia y amor en estos tiempos de formación adulta. Hasta en tiempos difíciles y en las noches largas de estudio ha logrado hacer que siempre este cómodo y feliz. Agradezco a mi padre, a pesar de no estar aquí gracias a él tuve mi oportunidad de culminar mis estudios y ser el primero en su familia de lograr obtener título universitario, espero orgullecerlo. A mi hermana por su amistad y ayuda.

Agradezco a mi tutora, Gaby Vernaza por ser una de las mejores profesoras y por su paciencia a través de todo este semestre de proyecto integrador. A mis amigos encontrados por su amistad.

Erick Cerpa:

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme cumplir una meta más en mi vida. A mis padres que me han brindado con su apoyo incondicional de igual manera a mis hermanas por todo su cariño.

Quiero agradecer a mi familia por todo el cariño y motivación brindada. También, quiero agradecer a Mishel Erazo por su muestra de apoyo y afecto durante todo este tiempo.

Por último, quiero agradecer a toda la comunidad USFQ, en especial A Gaby Vernaza por la paciencia brindada en este proyecto, además a todos los profesores que marcaron una huella en mi transcurso de la carrera y a todos mis compañeros de estudio por las vivencias compartidas.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Los productos derivados de los cereales se observa un incremento en el consumo, lo cual de como indicador que el mercado está aceptando nuevas tendencias en alimentos con mejores valores nutricionales. Las galletas son un producto muy versátil, pero son conocidos por ser altos en grasa, los cuales son perjudiciales para la salud humana. El objetivo fue crear una galleta con menor cantidad de grasa y contenga un valor agregado, esto se realiza mediante la sustitución de grasa por inulina (0.1, 3, 10, 17, 19.9%) y la fortificación mediante polen (0.1, 3, 10, 17, 19.9%) partiendo de una formulación base. Para encontrar la formulación óptima para desarrollar galleta baja en grasa, se utilizó un diseño central compuesto. Las variables Dependientes analizadas fueron, proteína (%), grasa (%), densidad de la masa (g/ml) y actividad de agua. El resultado más destacado es la reducción de grasa, donde se redujo en 65.03% de la formulación base. La proteína, densidad y actividad de agua, no tuvo una respuesta aceptable por su bajo valor de R². La formulación óptima tuvo las siguientes cantidades de porcentaje de inulina y polen, 19.9 y 14.93, respectivamente. Para la evaluación sensorial se realizó un estudio de aceptación con escala hedónica de 7 puntos con la cual se calificaron atributos como: olor, color, aspecto visual, dureza y aspecto global. Se obtuvo resultados con los cuales evidencio que tanto el aspecto global, así como la dureza no tuvieron diferencia significativa, mientras que aspecto visual, color y olor si tuvieron. Por lo tanto, existe la posibilidad de producir galletas bajas en grasa.

Palabras clave: inulina, superficie de respuesta, galletas, polen, sustitución de grasa

ABSTRACT

Products derived from cereals show an increase in consumption, which is an indicator that the market is accepting new trends in foods with better nutritional values. Cookies are a very versatile product, but they are known to be high in fat, which is detrimental to human health. The objective was to create a cookie with a lower amount of fat and contain added value, this is done by substituting fat for inulin (0.1, 3, 10, 17, 19.9%) and fortifying with pollen (0.1, 3, 10, 17, 19.9%) starting from a base formulation. A composite core design was used to find the optimal formulation to develop low fat cookie. The Dependent variables analyzed were protein (%), fat (%), mass density (g/ml) and water activity. The most outstanding result is the reduction of fat, where it was reduced by 65.03% of the base formulation. The protein, density and water activity did not have an acceptable response due to its low R² value. The optimal formulation had the following percentage amounts of inulin and pollen, 19.9 and 14.93, respectively. For the sensory evaluation, an acceptance study was carried out with a 7-point hedonic scale with which attributes such as: odor, color, visual appearance, hardness and overall appearance were qualified. Results were obtained with which I show that both the global appearance, as well as the hardness did not have a significant difference, while visual appearance, color and smell did. Therefore, there is the possibility of producing low-fat cookies.

Key words: inulin, response surface, biscuits, pollen, fat substitution

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. MATERIALES Y METODOS	14
2.1 Materiales y equipos	14
2.2 Método fase experimental.....	17
2.3 Fase experimental	19
2.4 Métodos.....	23
2.5 Evaluación Sensorial.....	28
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1 Variables de salida	30
3.2 Análisis proximal	34
3.3 Resultados del Análisis de Evaluación Sensorial.....	38
CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles en porcentaje y gramos para formulación	19
Tabla 2: Formulación base de galletas depositadas	20
Tabla 3: Formulación diseño superficie de respuesta de galletas depositadas en gramos.....	21
Tabla 4: Formulación diseño superficie de respuesta de galletas depositadas en gramos.....	29
Tabla 5: Resultados análisis de composición de galleta óptima.....	34
Tabla 6: Tabla nutricional de la galleta baja en grasa.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfica 1: Diseño central compuesto	18
Gráfica 2: Visualización de ecuación de optimización de grasa.....	33
Gráfica 3: Semáforo nutricional de la formulación base.....	37
Gráfica 4: Semáforo nutricional de la formulación optima.....	37
Gráfica 5: Gráfica telaraña de las muestras 517 y 694.....	41

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cereales ha incrementado en los últimos años, se estima una producción de 777 millones de toneladas al final del año 2022, sin embargo, para el siguiente año se estima un descenso del 0.1% de la producción, por ende, se incentiva a la utilización de cereales secundarios o de alimentos no relacionados con el mundo de cereales como leguminosas, polen, entre otros (FAO, 2022). Adicionalmente, los consumidores buscan productos más saludables con un contenido nutricional agregado para no conllevar problemas de salud (Salazar & Duque, 2014). En el mercado existen productos adicionados, fortificados y/o enriquecidos, son productos los cuales brindan aportes nutricionales y son buscados actualmente en el mercado por las personas, los cuales contienen componentes biológicamente activos, también productos enriquecidos con nutrientes y vitaminas, bajos en grasa y azúcares, estos productos brindan beneficios para el cuerpo humano (Santillán, Méndez & Vélez, 2014).

La inulina es una sustancia que forma parte de los carbohidratos, debido a estar presente en forma de almacenamiento de diversas frutas, vegetales o plantas, este compuesto se puede extraer a partir de la raíz de la planta achicoria (*Cichorium intybus*). La estructura de la inulina cuenta con cadenas lineales de fructosa, por lo cual se denomina fructooligosacáridos o fructanos. La inulina tiene diversos usos en la industria alimenticia, como es el uso de la creación de alimentos funcionales, puesto que cuenta con propiedades beneficiosas para la salud, tales como: prebiótico, mejorar la biodisponibilidad del calcio y magnesio, reducción del riesgo del cáncer, evitar desórdenes intestinales y actúa como una fibra dietética (Madrigal & Sangronis, 2007). Entre otros beneficios se usa la inulina como un sustituto de grasas o azúcares, puesto que cuenta con una baja cantidad de calorías (Lara-Fiallos, et al. 2017). Por otro parte, si se requiere contar con un efecto prebiótico, ensayos clínicos han determinado que la cantidad máxima de inulina que el cuerpo puede tolerar es hasta 30 gramos por día para

contar con todas las propiedades funcionales (Gotteland & Brunser, 2006). Uno de los beneficios que cuenta la inulina es que es un formador de geles al ser mezclado con agua, este gel puede ser utilizado para la sustitución de grasa en diversos productos (Nazari, et al, 2022).

El polen es un compuesto formado dentro de los sacos polínicos ubicados en los estambres de las flores, este producto se puede encontrar en forma de granos, los cuales pueden ser transportados de flor en flor por factores como el aire o por insectos (Mungsan, 2018). El polen es necesario para la multiplicación de flores, porque es importante en el proceso de fecundación de los óvulos para la creación de semillas. Este producto se puede extraer de producciones apícolas, en donde es una combinación de distintas especies botánicas, secreciones de abeja y néctares (Aloisi, 2014). De la misma manera, el polen cuenta con componentes activos como azúcares, grasas, proteínas vegetales de baja biodisponibilidad y propiedades bioactivas como antioxidantes en forma de flavonoides y polifenoles. El polen no es explotado en su totalidad, debido al no ser un producto reconocido, por lo que no tiene muchos usos en las industrias.

De acuerdo al INEN 2085 las galletas se definen como “productos obtenidos mediante el horneado apropiado de las figuras formadas por el amasado de derivados del trigo con otros ingredientes aptos para el consumo humano”. Las galletas se pueden clasificar de distintas maneras de acuerdo al INEN: galletas simples, saladas, dulces, wafer con relleno o recubierto. Este producto tiene que cumplir con diferentes parámetros para ser denominados galletas. En primer lugar, de acuerdo al INEN 526 el pH debe encontrarse entre 5.5 a 9.5, en segundo lugar, de acuerdo al INEN 519 se debe de contar con un mínimo de proteína del 3% y por último de acuerdo al INEN 518 el porcentaje de humedad no debe sobrepasar el 10%. Por otro lado, de acuerdo al INEN 2085 se pueden emplear aditivos permitidos tales como saborizantes, emulsionantes, humectante, oxidantes, colorantes naturales, entre otros.

La industria de alimentos conforme va creciendo se enfrenta a diversas problemáticas, las cuales se deben de encontrar las soluciones específicas para cada caso, un problema que se intenta solucionar es dar a conocer a las personas acerca del polen y sus propiedades, ya que no es un producto muy conocido o tomado en cuenta, el cual cuenta con bastantes propiedades nutricionales (Saavedra & Delgado, 2013). Adicionando polen se evita la desnutrición, el cual es un problema social que abarca a personas de diversas edades, la desnutrición infantil es un problema que inhibe al desarrollo del país (Rivera, 2022).

Al reemplazar gran cantidad de grasa se busca disminuir el uso de grasas alimenticias tanto animal como vegetal, ya que para producir estos tipos de productos se necesita un consumo de factores importantes, entre ellos el consumo del agua, lo cual es gran ayuda para el ambiente. Al momento de reducir el consumo de grasa se busca reducir enfermedades cardiovasculares, presión alta y obesidad, debido al consumo de productos con alto contenido de grasa (Mana et al., 2021). En el ámbito global, el consumo de galletas va en crecimiento tanto a escala global como económica, por lo cual las ventas van a ser mayores con el pasar del tiempo (FAO, 2016). Por otro lado, al elaborar este tipo de producto se busca contar con una seguridad alimentaria que garantice la salud de las personas que lo consuman, un producto que no contenga conservantes artificiales, colorantes o algún producto químico añadido.

El objetivo de este estudio fue diseñar una galleta tipo depositada saludable basándose en sus propiedades nutricionales mediante la utilización de polen por sus propiedades funcionales y reemplazar los compuestos lipídicos por inulina. Los objetivos específicos fueron: estudiar el efecto de la fortificación de polen y reemplazo de inulina por grasa en la calidad de las galletas, realizar una evaluación sensorial con la mejor combinación de la formulación y hacer un análisis proximal del producto elaborado y así poder determinar sus componentes.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales y equipos

2.1.1 Materias Primas

Se utilizó harina de trigo especial para galletería marca Santa Lucía, este tipo de harina es ideal para poder desarrollar productos de repostería, ya que al ser una harina débil es ideal porque no cuenta con proteínas formadoras de red de gluten (Sifre, 2018). En adición, se utilizó polen de la empresa Apireal, el cual tuvo una humedad inicial del 2%, esta humedad es importante ya que, según Hernández, et al (2019) al usar polen con una humedad mayor al 15% se crea masa pegajosa. Por otro lado, se usó un emulsificante de marca Puratos el cual brinda una emulsión uniforme entre las grasas con los líquidos y así brindar una mejor textura en la masa (Sanchez, Klopfenstein, & Walker, 1995).

Además, se utilizaron productos como inulina marca Beneo, agua los cuales ayudan a mejorar propiedades nutricionales del producto, ya que es un buen sustituto de grasa, lo cual cambia las propiedades reológicas de la masa (Castejón, et al, 2020). Por otro lado, se usaron otros ingredientes como grasa vegetal y animal, azúcar, huevos, esencia de vainilla y miel estos productos brindan un mejor sabor, mejorando las propiedades sensoriales y organolépticas del producto.

2.1.2 Materiales y equipos de repostería

- Mezcladora KitchenAid
- Mangas de galletas
- Espátulas
- Bandejas metálicas
- Horno
- Recipientes plásticos

- Balanzas
- Bolsas Ziplock

2.1.3 Materiales de laboratorio

- Buretas 25 ml
- Erlenmeyer 250ml
- Balones 500ml y 1000ml
- Probetas graduadas 50ml
- Pipetas de 25 ml
- Vasos de precipitación 500ml
- Pera de succión
- Mortero
- Agitadores magnéticos
- Tubos de ensayo
- Espátulas
- Crisoles
- Vasos de precipitación de 1000 ml, 50 ml y 25 ml.
- Recipientes de metal
- Recipientes de centrífuga
- Algodón
- Recipientes plásticos del HygroLab C1
- Tubos permeables del SER 18486, VELP
- Vaso del SER 18486, VELP

2.1.4 Reactivos de laboratorio

- Agua destilada
- Catalizador Kjeldahl
- Antiespumante
- Ácido sulfúrico
- Ácido clorhídrico estandarizado 0.2N
- Ácido Bórico 4%
- Hidróxido de sodio 35%
- Indicador Tashiro
- Hexano
- Nitrato de Plata
- Cromato de Potasio

2.1.5 Equipos de laboratorio

- Extractor solvente SER 18486, VELP
- Desecador
- Extractor de gases
- Estufa
- Mufla
- Balanzas analíticas
- Plancha de calor y agitación
- Centrífuga
- Lámpara de halógeno
- Agitador en baño maría
- Digestor Kjeldahl

- Destiladores Kjeldahl por arrastre de vapor UDK 132 Programable, VELP
- HygroLab C1

2.2 Método fase experimental

El método estadístico utilizado para este estudio fue un diseño experimental con metodología de superficie de respuestas, con esto se evalúa las variables de respuestas planteadas de forma amplia, esto gracias a las modificaciones de las variables controladas (Montgomery, 2005).

El diseño que se elaboró fue un diseño 22 con puntos centrales y axiales, con esto se busca estudiar el efecto de las variables independientes sobre las variables dependientes. A través de la metodología planteada podemos encontrar respuestas confiables, debido a que podemos obtener nuestro punto óptimo global influido por diversas variables independientes (Montgomery, 2005). Con esta herramienta estadística lo que se prevé es poder alcanzar la cantidad exacta de cada factor y así tener una formulación ideal que cumpla con todos los parámetros necesarios. Mediante el programa Statistica se logró obtener la ecuación N°1, la cual es la optimización del porcentaje de grasa con sus respectivos factores.

2.2.1 Diseño 22 con puntos centrales

Al utilizar este diseño factorial **22** se busca observar el efecto de las variables independientes sobre las dependientes para poder encontrar significancia entre cada factor con su nivel y optimizarlas. Los factores al ser tratados en este experimento serán el reemplazo de cantidad de grasa por inulina y la adición de polen a la mezcla, por lo cual se determinaron niveles. Para este diseño los niveles fueron cambiando en su porcentaje, en el caso del polen el nivel más bajo fue del 3%, para puntos centrales del 10% y el porcentaje más alto del 17% (Hernandez, et al. 2019). El otro factor es la cantidad de reemplazo de grasa por inulina, se utilizaron los porcentajes de 3%, puntos centrales del 10% y el más alto del 17%, debido a que al usar inulina

se puede percibir cambios estructurales en la masa de galletas (Brasil, et al. 2011). Todas estas mezclas fueron elaboradas en una cantidad de 350 gramos, debido a que esta es la capacidad mínima que la mezcladora puede elaborar la masa. En la Tabla 1 se visualiza los niveles con respecto a cada factor con su respectivo porcentaje y se muestra la cantidad en gramos de los niveles con respecto a la cantidad mínima que se debe de realizar.

Con este diseño se crearon un total de 12 combinaciones, las cuales 4 son factoriales, 4 axiales y 4 de puntos medios como se observa en la Tabla 1. Para el caso de los puntos axiales se calcularon un α positivo y un α negativo, los cuales tienen un valor de 1.414 esto se calculó para que no exista una interacción entre factores y así lograr una optimización en las combinaciones. En el gráfico 1 se muestra la distribución de los niveles empleados de manera gráfica, donde el cuadrado interno es el diseño **22** con punto central y los puntos axiales se encuentran en los ejes.

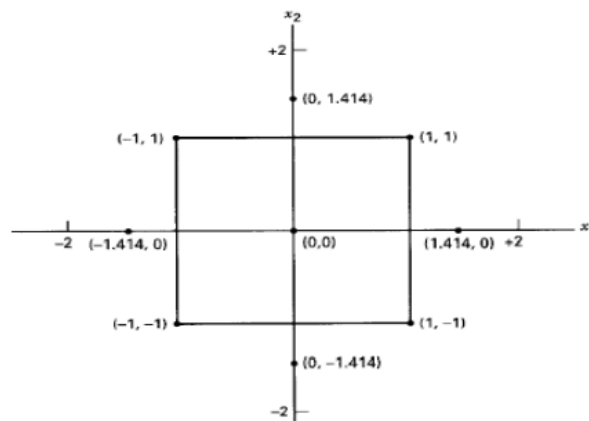


Gráfico 1

Diseño central compuesto (Montgomery, 2005)

En la Tabla 1 se muestran los valores de porcentajes y cantidad en gramos de los niveles para la elaboración de las combinaciones totales.

Tabla 1

Niveles en porcentaje y gramos para formulación de 350gr del diseño de superficie de respuesta.

Niveles (%)					
Factor	α-	-1	Central	1	α+
Inulina	0.1	3	10	17	19.9
Polen	0.1	3	10	17	19.9
Niveles (Gramos)					
Factor	α-	-1	Central	1	α+
Inulina	0.35	10.5	35	59.5	69.65
Polen	0.35	10.5	35	59.5	69.65

2.3 Fase experimental

2.3.1 Elaboración de galletas

Para la elaboración de galletas tipo depositadas se realizó en tres fases principales. Primero, se realizó un encremado el que consiste en mezclar primero las grasas con el azúcar hasta obtener una pasta semisólida, esta fase es la más importante del proceso debido a que se introduce aire a la masa, la cual es responsable del volumen y consistencia final de la masa, esta fase se divide en 2 partes un mezclado lento por un minuto donde se incorporan los ingredientes y un mezclado rápido por 3 minutos donde se introduce el aire a la mezcla.

Luego, en la segunda fase, se incorporaron los ingredientes líquidos para poder obtener una mezcla homogénea con el encremado anteriormente, esta fase se divide en dos partes, una mezcla lenta durante 1 minuto a baja velocidad y una mezcla durante 3 minutos a una alta velocidad.

En la última fase, se incorporaron los ingredientes secos para tener una masa final, la mezcla se realiza por 2 minutos a una velocidad baja para no crear gluten en la mezcla. En la Tabla 2 se muestra la formulación base.

Tabla 2

Formulación base de galletas depositadas

Formulación base		
Ingrediente	Cantidad	Porcentaje
Harina	350	100
Margarina	175	50
Mantequilla	70	20
Azúcar granulado	175	50
Huevos	87.5	25
Miel	17.5	5
Vainilla	5.25	1.5
Emulsionante	5.25	1.5

Posteriormente, se realizaron las combinaciones dadas por el diseño superficie de respuesta, se adicionó o se disminuyó las cantidades en cada nivel determinado de acuerdo como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3.

Formulación diseño superficie de respuesta de galletas depositadas en gramos.

Ingredientes (gramos)				
Corrida #	Polen	Inulina	Margarina	Agua (gramos)
1	10.5	10.5	164.5	10.59
2	10.5	59.5	115.5	60
3	59.5	59.5	115.5	60
4	59.5	10.5	164.5	10.59
5	0.35	35	140	35,32
6	69.65	35	140	35,32
7	35	0.35	174.65	0,35
8	35	69.65	105.35	70,27
9	35	35	140	35,32
10	35	35	140	35,32
11	35	35	140	35,32

12	35	35	140	35,32
----	----	----	-----	-------

2.3.2 Caracterización de mezcla inulina y polen

En la Tabla 3 se percibe el reemplazo de margarina por inulina donde se realizó con una proporción 1:1 en donde por cada gramo agregado de inulina se disminuyó 1 gramo de margarina, la inulina que se adicionó es la misma cantidad de margarina que se eliminó de la mezcla. Al momento de usar inulina por reemplazo de grasa se observó que la masa presentaba propiedades totalmente distintas que a la formulación base, por lo cual se determinó el índice de absorción de agua, debido a su baja cantidad de humedad, puesto que absorbe gran cantidad de líquido, esto se da por sus propiedades higroscópicas (Brasil, et al. 2011). Se debe de adicionar una cantidad de agua que ayude a la masa a contar con propiedades adecuadas sin presentar algún cambio en sus características.

Para calcular el índice de absorción de agua de la inulina se aplicó el método descrito por Anderson et al. (1969). Primero, se procedió a colocar 2.5 gramos de la muestra en diferentes tubos, luego se agregó 30 ml de agua destilada en cada tubo, después se colocó en un agitador en baño maría por 30 minutos a 25°C. Luego se colocó en una centrífuga a 2200 RCF por 10 minutos, después de los 10 minutos, se vertieron en crisoles previamente tarados y se obtuvo el peso de los líquidos, posteriormente se llevó a la estufa durante 4 horas. Finalmente, se pesaron los residuos sólidos de los crisoles y así poder determinar el índice de absorción de agua.

Ecuación 1: Índice de absorción de agua IAA

$$IAA = \frac{MRC}{MM - MRE}$$

Donde MRC es residuo centrifugado, MM es masa de muestra y MRE es masa residuo evaporado.

En la Tabla 3 se muestra la cantidad de agua añadida que se colocó en cada formulación de las diferentes combinaciones con respecto al porcentaje de inulina. Al adicionar polen a la mezcla se tuvo que analizar la humedad de la muestra para poder determinar que el polen no cuenta con una humedad grande, el cual va a cambiar a la propiedad de la masa. Por lo cual se analizó la humedad a través de una lámpara de halógeno.

2.4 Métodos

2.4.1 Variables de salida

Luego de realizar las fases experimentales con la ayuda del diseño experimental, se determinaron las siguientes variables de salida, estas variables fueron seleccionadas debido a los objetivos planteados en este estudio para cada combinación de galletas, ya que todos estos parámetros deben cumplir una galleta estándar.

2.4.1.1 Actividad de agua

Actividad de agua es una propiedad que describe la cantidad de agua libre en una sustancia (Arévalo, 2017). Se determinó la actividad de agua por el método descrito por la AOAC (1990) con un equipo HygroLab C1 un higrómetro automático.

Primero se molieron las galletas con mortero hasta obtener una granulometría fina, luego se colocaron las muestras hasta la línea de los recipientes plásticos del HygroLab C1. Se prendió el equipo y se conectó el medidor de actividad de agua. Se colocó la muestra en el medidor y se aplastó el botón de inicio. Finalmente, se anotó resultados.

2.4.1.2 Proteína

La Proteína son cadenas de aminoácidos las cuales tienen una presencia alta de nitrógeno interno, el método que se utilizó fue descrito por el AACC 46-10.01, el cual describió el método Kjeldahl el cual cuantificó la cantidad de nitrógeno en una muestra para cuantificar proteínas. En donde, se pesó la muestra (0.5 g) junto con un papel, en un tubo de ensayo, se colocó la muestra. Luego se colocó 2 gramos de catalizador Kjeldahl y se adicionó una pastilla antiespumante con 12 ml de ácido sulfúrico. Después, se colocaron los tubos en la máquina de digestor Kjeldahl, posteriormente, se colocó hidróxido de sodio y agua en el destilador. En un erlenmeyer se adicionó ácido bórico y se colocó en el destilador, después se destiló en el destilador Kjeldahl por arrastre de vapor UDK 132 Programable, VELP. Se sustrajo el erlenmeyer del destilador y se utilizó el indicador de Tashiro. Se tituló con ácido clorhídrico estandarizado. Finalmente, se calculó el porcentaje de nitrógeno.

Según Girón (2016), la fórmula para determinar el porcentaje de proteína es la siguiente:

Ecuación 2: Determinación de proteína en el producto

$$\%proteína = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times factor}{m \times 1000}$$

Donde:

N: Normalidad del ácido clorhídrico. V: Volumen en ml de ácido clorhídrico titulado. Factor de conversión de 6.25. m: Peso de la muestra en gramos.

2.4.1.3 Grasa

Para determinar grasa se usó el método 7.056 de AOAC (1990), este método es muy útil para poder determinar la cantidad de grasa que contiene un alimento, el cual consistió en una extracción continua por un disolvente.

En primer lugar, se pesó en balanza analítica 3g de muestra molida en tubos permeables del SER 18486 y se anotó el peso verdadero. Se pesó en balanza analítica el vaso del SER 18486

vacío y se retiró con pinzas. Se colocó 50 ml de hexano en cada vaso, luego se colocaron anillos de metal a los tubos permeables y se colocó en el equipo SER 18486. Se encendió el equipo, se revisó que está prendido el agua, se colocaron los vasos con pinzas en el equipo. Se aplastó el botón de “Start”. Se esperó a segunda fase, luego se aplastó “Enter” y se movió la palanca a segundo puesto, para tercera fase, se aplastó “Enter” y se movió la palanca a tercer puesto y se abrió la llave del paso de hexano. Se esperó que termine la tercera fase y que la temperatura indicó 69°C, luego se retiró el vaso del equipo con pinzas y se llevó a la estufa por 20 minutos o hasta que no haya olor a hexano. Se llevaron con pinzas los vasos al desecador, se esperó 20 minutos, posteriormente se pesaron los vasos. Finalmente, se calculó el porcentaje de grasa.

Ecuación 3: Porcentaje de grasa

$$\%grasa = \frac{PFV - PIV}{PM}$$

Donde PFV es peso final vaso, PIV es peso inicial vaso y PM es peso de la muestra.

2.4.1.4 Densidad de masa

La densidad se determinó mediante el método descrito por OIML G – 14 (2010), es necesario la medición para determinar la cantidad de aire dentro de la masa. Debido a que la densidad es la relación entre la masa que ocupa un producto con respecto a su volumen.

Primero se colocó masa en vaso con volumen conocido, y se aseguró que no hubiera aire atrapado. Segundo se pesó masa con el vaso y como paso final se calculó la densidad.

Ecuación 4: Densidad de masa

$$Densidad = \frac{Peso\ de\ la\ masa}{Volumen\ del\ vaso}$$

2.4.2 Análisis proximal

Se realizó diferentes análisis para determinar la composición del producto y su valor nutricional agregado. Los análisis que se determinaron fueron de cenizas, humedad, sal, carbohidratos, proteína y grasa.

2.4.2.1 Cenizas

Para la determinación de cenizas se utilizó el método descrito por Kirk et al, (1996) el cual nos indica la cantidad de minerales presentes en el producto mediante altas temperaturas y tiempos.

Primero, se pesó el crisol vacío en la balanza analítica, después se pesaron 3 gramos de muestra en el crisol. Se pre-calcinó la muestra colocándola en una plancha de calor a máxima temperatura hasta que dejó de salir humo. Se llevó a mufla por un día y se pesó crisol en la balanza analítica.

Ecuación 4: Determinación cenizas

$$\%cenizas = \frac{\text{Peso cenizas}}{\text{Peso muestra}} * 100$$

2.4.2.2 Humedad

Se utilizó el método descrito por (Kirk, et al, 1996) para la determinación de humedad, este indica la cantidad de agua libre más agua ligada que existe en el producto, la cual nos da un valor de la cantidad de agua total en el producto.

Primero se pesó el crisol en la balanza analítica. Segundo se pesaron 3 gramos de muestra en el crisol. Tercero se llevó el crisol a la estufa por 6 horas. Por último, se pesó el crisol con muestra en balanza analítica.

Ecuación 5: Determinación de humedad.

$$\%humedad = \frac{\text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra inicial}} * 100$$

2.4.2.3 Sodio

La determinación de sal se determinó mediante el método de Mohr el cual determina iones de cloruro, este método se necesitó de una solución para poder titular y determinar la cantidad de sal, la solución debió contar con un pH neutro (Iturbe & Sandoval, 2011).

Primero se colocó la muestra de cenizas y se agregó 10 ml de agua destilada. Segundo se colocaron 3 gotas de cromato de potasio, como tercer paso se tituló con nitrato de plata hasta obtener un color ladrillo. Finalmente, se anotó la cantidad de titulante utilizado para la determinación de sodio.

Ecuación 6: Determinación de sodio.

$$\%Na = \frac{Vt \times Ct \times PE(sodio)}{P.muestra} * 100$$

Donde Vt es el volumen de titulación, Ct es concentración de titulado, PE es peso equivalente del sodio y P.muestra es el peso de la muestra

2.4.2.4 Carbohidratos

Los carbohidratos se pueden determinar en base al porcentaje de la composición total del alimento (Nielsen, 1998). Es decir:

Ecuación 6: Determinación de carbohidratos.

$$\%Carbohidratos = 100 - \%Humedad - \%Grasa - \%Proteína - \%minerales$$

2.5 Evaluación Sensorial

Para ver la aceptabilidad de la mejor combinación del producto, se determinó una prueba de aceptación utilizando una escala hedónica de 7 puntos, en donde 1 significa me disgusta muchísimo y 7 me gusta muchísimo. Esta evaluación se realizó con un mínimo de 80 personas, debido a que una cantidad menor puede generar errores estadísticos, mostrando datos no confiables. El rango de edad de los consumidores fue entre 18 a 50 años, los cuales fueron personas no entrenadas pertenecientes a la universidad y estudiantes de la misma.

Con esta evaluación sensorial se buscó analizar diferentes atributos del producto, los cuales fueron: dureza, color, olor, aspecto visual y valoración global. Las galletas fueron elaboradas con un día de anticipación, luego fueron codificadas con tres dígitos aleatorios, en donde la muestra 517 fue de control y la muestra 694 es la formulación con inulina. Previamente todas las muestras fueron aleatorizadas para cada consumidor para evitar el error de tendencia central (Anzaldúa, 1994). Las muestras se presentaron en una unidad pequeña y del mismo tamaño y color, en virtud de disminuir el error de estímulo, ya que el consumidor tiende a analizar atributos que no se le solicita.

Para el análisis de resultados después de la realización de la evaluación sensorial, se utilizó un análisis de varianza para poder determinar la significancia entre las muestras evaluadas. Se utilizó análisis de varianza con un nivel de significancia del 95% para esta determinar significancia entre las muestras (Anzaldúa, 1994). Además, los jueces se analizaron como bloques para determinar si hay una diferencia significativa entre juez.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado el proceso de la fase experimental, se logró conseguir los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 4, la cual describe los niveles del diseño central compuesto para su respectivo factor y su variable de salida.

Tabla 4

Resultado del diseño central compuesto de las diferentes corridas con sus respectivos resultados de los factores de polen e inulina.

Corrida #	Factores		% Proteína	% Grasa	Densidad (g/ml)	Actividad agua
	Polen	Inulina				
1	-1	-1	9.207 ± 0.74	25.489 ± 0.109	1.033 ± 0.018	0.419 ± 0.015
2	-1	1	8.803 ± 0.772	20.242 ± 0.053	1.003 ± 0.019	0.433 ± 0.003
3	1	1	11.416 ± 0.008	19.879 ± 0.014	1.02 ± 0.016	0.369 ± 0.002
4	1	-1	10.192 ± 0.194	22.095 ± 0.801	0.939 ± 0.016	0.359 ± 0.003
5	α-	0	11.051 ± 0.056	25.302 ± 0.397	0.964 ± 0.019	0.45 ± 0.001
6	α+	0	9.365 ± 0.016	24.157 ± 0.01	1.007 ± 0.023	0.454 ± 0.001
7	0	α-	10.64 ± 0.508	21.762 ± 0.089	0.94 ± 0.004	0.475 ± 0.001

8	0	$\alpha+$	9.813 ± 0.254	19.458 ± 2.122	1.006 ± 0.008	0.61 ± 0.013
9	0	0	10.138 ± 0.263	20.974 ± 2.572	1.028 ± 0.014	0.559 ± 0.023
10	0	0	10.25 ± 0.236	23.129 ± 0.346	1.006 ± 0.007	0.461 ± 0.018
11	0	0	10.691 ± 0.609	22.815 ± 0.121	0.963 ± 0.002	0.501 ± 0.004
12	0	0	10.157 ± 0.251	22.388 ± 0.003	0.97 ± 0.012	0.502 ± 0.003
13 *	-	-	9.484 ± 0.144	28.966 ± 0.417	0.942 ± 0.008	0.528 ± 0.000

En la Tabla 4 se presencia los resultados obtenidos en el laboratorio con su desviación estándar respectivamente. Adicionalmente, se realizó un análisis de la formulación base, la cual se encuentra como el número 13(*) en la Tabla 4, esta no forma parte del diseño experimental y solo se utilizó para un análisis de comparación.

3.1 Variables de salida

Gracias al programa Statistica se realizó un estudio estadístico en el cual se determinó que las variables de salidas no contaban con un R2 adecuado y un índice de error muy alto, por lo cual no logran tener una significancia a la hora de analizar los datos. Sin embargo, la única variable de salida que sí mostró un R2 adecuado es el índice de grasa, por lo cual los datos son confiables y así tomar en cuenta esta variable de salida para poder desarrollar de mejor manera la formulación ideal. Los datos presentan demasiada variabilidad, esto se puede dar por diferentes

razones como errores humanos, calibración de equipos, medición inexacta, entre otras. Los resultados de R² se encuentran en anexo A, B, C y D lo cual está al lado de su ANOVA de proteína, densidad y actividad de agua y grasa respectivamente.

Al examinar el análisis de proteína se puede determinar que las galletas cumplen con el mínimo requerido impuesto por el Inen (NTE INEN 2085, 2005) en donde detalla que la cantidad mínima de proteína en una galleta es de 3%, dado el caso nuestras formulaciones cumplen con este requerimiento, además, se estima que una galleta con un valor agregado en su formulación debe de contener un contenido de proteína mayor del 7% (Dominguez, et al, 2013). En este caso, nuestras formulaciones de galletas cuentan con un porcentaje de proteína entre el 9 al 11%, estos porcentajes son buenos al compararse con la formulación original, debido a que cuenta con un porcentaje del 9%, sin embargo, los datos no se ajustaron al sistema, porque los datos se encuentran con mucha variación, dando un resultado de R² menor a 0.7, por lo cual esta variable no se toma en cuenta para desarrollar la formulación del modelo matemático (Montgomery, 2005).

La densidad al igual que la proteína presentó datos con demasiada variación, por tanto, se obtuvo un R² muy bajo, esto debido a que no se ajustó al método establecido, ya que era un método muy rudimentario dando poca fiabilidad. Según Jun Ho Lee (2017) determina que la densidad de la masa de la galleta debería oscilar entre 1.19 a 1.21 g/ml, en el caso de las formulaciones se tiene una densidad menor, esto se puede variar según el método empleado. Por ende, los resultados de la densidad fueron relevantes, pero no tienen una influencia para encontrar la mejor formulación, además este diseño permitió ver como la densidad o la proteína se podían ver influenciadas por las variables estudiadas. Finalmente, los valores de densidad no cambiaron demasiado a comparación de la formulación original.

En el análisis de actividad de agua, los datos no cuentan con un R2 mayor a 0.7, por lo cual no se pueden tomar en cuenta para la mejor formulación, ya que los datos no se ajustaron al modelo. La actividad de agua presente en una galleta, de acuerdo con el estudio de Leon Mendez, et al. (2020) estima un valor de 0.43, por lo cual todas las formulaciones se encuentran entre ese rango. Sin embargo, se observa que hay una relación entre la actividad de agua de la formulación con el mayor contenido de inulina, esto se puede ver en la Tabla 4, por lo cual varía el resultado de actividad de agua (Giri & Singh, 2017).

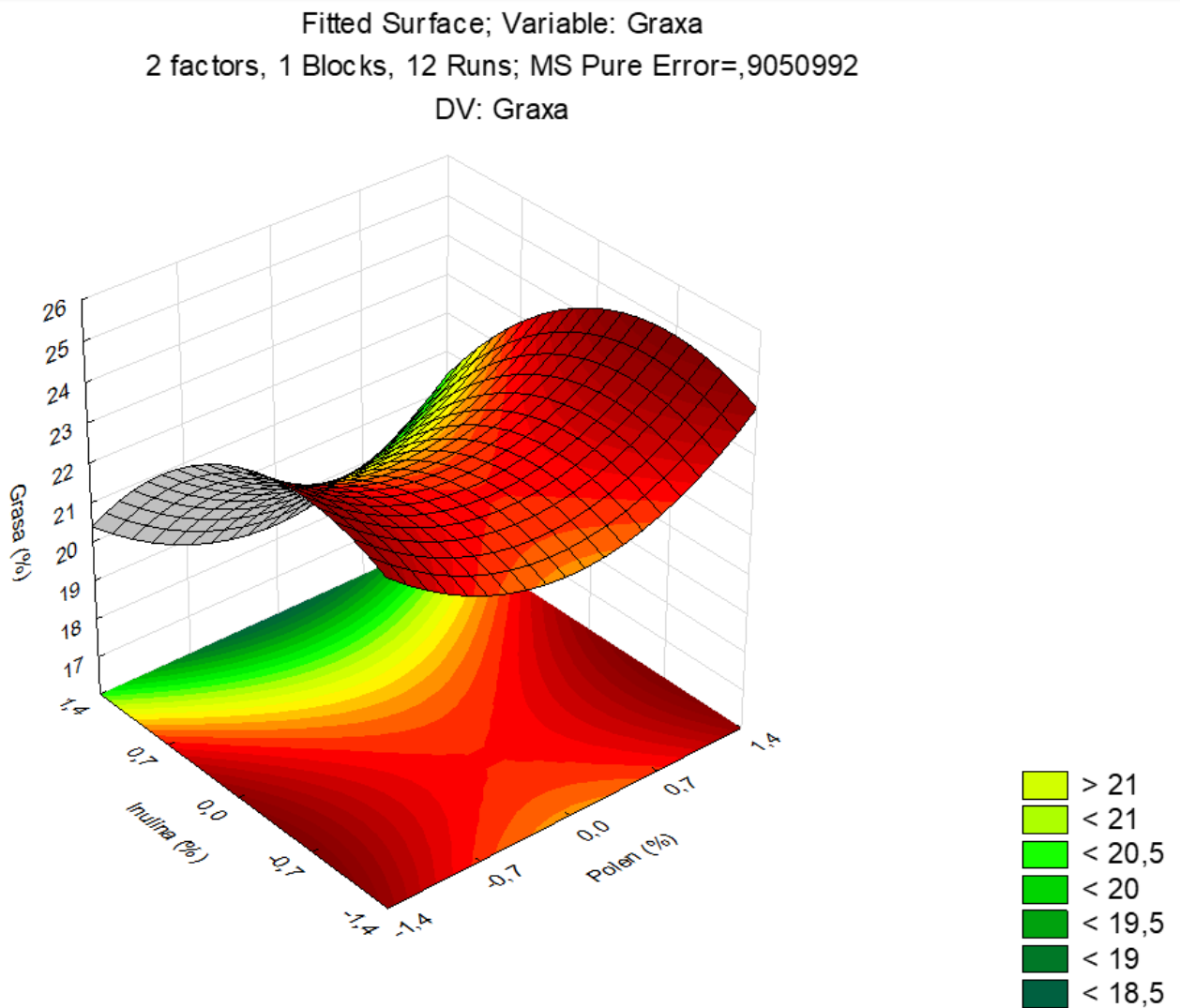
La única variable que se tomó en cuenta para este proceso de desarrollo del modelo matemático fue el contenido de grasa, el cual presentó un R2 de 0.715 como se puede observar en anexo D, por lo tanto, los resultados de la grasa fueron esenciales para poder determinar la ecuación estadística que mejor se ajusta al modelo, por ende, una superficie de respuesta.

Ecuación 7.

Ecuación de coeficiente de regresión de grasa

$$\%grasa = 22.32 + 1.01 p^2 - 1.34 i - 1.04 i^2$$

Gracias a la ecuación 1 se puede desarrollar la gráfica 2, en donde se ve una superficie en donde se establece que al utilizar mayor cantidad de inulina se puede reducir el contenido de grasa.



En la gráfica 2 establece que la mejor combinación entre factores es utilizar 1.41 el cual es el porcentaje 19.9% con respecto a la formulación y un valor de 0.705 de polen, el cual interpolando arroja resultados de 14.93% con respecto a la formulación. Se visualiza que al incrementar la cantidad de inulina en la mezcla está en torno, disminuye la cantidad de grasa, esto fenómeno se da por la interacción que tiene la inulina con el agua formando un gel la cual tiene una consistencia y cremosidad similar a la grasa. El gel formado por sus propiedades

similares a la grasa esta ayuda a mantener la misma estructura, apariencia e incremento de tamaño al ser horneado (Schädle, et al, 2022). El incremento de tamaño en una galleta normal se debe al agua que queda atrapada en la red formada por la harina y grasa, cuando el agua evapora crea orificios internos los cuales le dan su textura y tamaño, de acuerdo con Nazari, et al (2022) la inulina ayuda a dar estas mismas características con resultados favorables.

En relación con la elaboración de las masas fueron variando su estructura conforme se fueron modificando los factores, esto de igual manera el proceso que se realizó fue de cremado, por lo cual la grasa se mezcla con el azúcar evitando la formación de terrones y así poder atrapar aire, esto está relacionado a la densidad de las masas (Embuena, C. 2015).

3.2 Análisis proximal

Tabla 5.

Resultados análisis de composición de galleta óptima.

Proteínas %	Grasa %	Cenizas %	Humedad %	Carbohidratos %
9.055 ± 0.040	18.836 ± 0.060	0.147 ± 0.017	4.839 ± 0.059	67.219 ± 0.080

En la Tabla 5 se presenta el valor proximal del contenido de proteínas, el cual fue de 9.055 % este resultado indica que la galleta presenta buen contenido de proteína para el consumo en concordancia con la norma INEN NTE 2085, esto se puede dar debido a que la galleta se compone de productos como huevos, trigo y polen (Martinez, et al. 2017). También se realizó un análisis de cenizas en donde se percibe cantidad de minerales, se calculó un 0.76% del contenido de cenizas fue sal, gracias al utilizar el método de Mohr (Suriya, et al. 2017). Por otro lado, el contenido de humedad es relevante, debido a que es menor al 10% cumpliendo con la exigencia de la norma INEN NTE 2085, lo cual es un producto con un tiempo de vida útil prolongado, debido a su baja humedad y agua libre. La humedad es inversamente proporcional a la cantidad de grasa, ya que las galletas presentan mayor contenido de humedad

cuando cuentan con un menor contenido de grasa, ya que el agua juega un papel importante relacionado con el comportamiento reológico (Webb et al., 1970).

En el caso del contenido de carbohidratos es un contenido alto, por lo cual presenta una desventaja en su contenido nutricional, ya que se puede asumir que es un producto que contiene alto nivel de azúcar, además de la cantidad de carbohidratos que aporta el trigo (Menacho, J. 2019). Sin embargo, al adicionar inulina se aporta con gran cantidad de fibra haciendo que el contenido de carbohidratos crezca (Islas, et al. 2012), en la formulación de galletas es importante esto, debido que al adicionar fibra se logra aumentar la dureza de la galleta (Krystyjan et al., 2015). Por otra parte, un gran contenido de proteína que ayuda a la reacción de Maillard, dando colores más intensos conocidos en galletería, analizando los datos de proteína de la formulación óptima, se tiene un porcentaje notorio de proteína por lo cual la galleta va a presentar coloraciones adecuadas (Ameur et al., 2007).

En la determinación de grasa se percibe una gran disminución en comparación con la formulación base, se estima una disminución del 10.13% lo cual es equivalente a un porcentaje de cambio del 65.03%, este resultado es favorable e indica que la inulina es buen sustituto de grasa, evitando cambios notorios en la estructura de la galleta final (Lara, et al. 2017). La grasa es importante en el proceso de galletas, ya que cohesiona los demás ingredientes dando una masa más fácil de trabajar, evitando dar características quebradizas o pegajosas a la masa (Wade, 1988). Es por ello que, al sustituir grasa, se debe de añadir líquido en el proceso, para evitar estas dificultades, se observó que la inulina brinda propiedades viscoelásticas en la masa, debido a la reducción de grasa, todo esto va a depender de la estructura que lo conforma, ya que al reducir grasa se tiende a desarrollar gluten, modificando la elasticidad de la masa (Maache-Rezzoug et al., 1998). Estas características son beneficiosas para el producto final, entonces, la inulina se comporta de manera adecuada en la formulación, logrando no cambiar

las propiedades reológicas de la masa. Asimismo, a simple vista se visualizó que el diámetro, volumen y grosor de la galleta no tuvo una diferencia en comparación a la formulación original.

3.2.1 Tabla Nutricional

Tabla 6

Tabla nutricional de la galleta baja en grasa

Información Nutricional		
Tamaño de la porción 3 galletas (30g)		
Cantidades por porción		
Energía	137 kJ	(137 kCal)
Energía de la grasa	188.28 kJ	(45 kCal)
		%VDR
Grasa Total	5 g	8 %
Colesterol	24 mg	8 %
Sodio	0 mg	0 %
Carbohidratos Totales	20 g	7 %
Proteína	3 g	6 %

3.2.2 Semáforo Nutricional

Gráfico 3.



Semáforo nutricional de la formulación base

Gráfico 4.



Semáforo nutricional de la formulación óptima

Como se puede observar en los gráficos 3 y 4, se realizó un semáforo nutricional, en donde se ve de una manera más gráfica el cambio notorio de la cantidad de grasa entre cada formulación, en donde la formulación base contaba con un índice alto de grasa, posteriormente, el índice de grasa bajó hasta una escala de medio en el etiquetado según el reglamento de etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano (2013).

3.3 Resultados del Análisis de Evaluación Sensorial

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los atributos evaluados (Color, olor, aspecto visual, dureza, aspecto global), para poder determinar la aceptabilidad de los panelistas sobre las muestras dadas. Debido a que se presentaron solo dos muestras no se realizó una prueba Tukey para determinar las diferencias de medias significativas, con esto elegir la mejor muestra.

3.3.1 Color

En anexos E y F se puede encontrar un Anova del análisis estadístico del color, el valor p es de 0 por lo cual tiene una significancia, ya que es menor al α 0.05. Por lo tanto, al analizar las medias se puede evidenciar que la mayor parte de los consumidores calificaron de mejor manera a la muestra 694. Por ende, la galleta presenta una aceptación mayor indicando que el consumidor estaría dispuesto a consumir este producto. Sin embargo, un método para evitar diferencias entre las muestras se puede añadir un recubrimiento, la cual opaca los colores externos de la galleta, un recubrimiento que se puede utilizar es una cobertura de chocolate (Manfugás, E. 2020). De igual manera, al añadir polen a la formulación este producto afecta al color por su gran contenido de carotenos (Orrego, et al. 2022), por lo cual la galleta va a

presentar un color más amarillento, con esto el consumidor puede asociar una caramelización dando un buen resultado, gracias al polen se evita pardeamiento de color producido por la disminución de grasa (Moralejo, C. 2019).

3.3.2. Olor

Para el análisis de olor el valor p fue menor al α 0.05, por lo tanto, fueron datos significativos, esto se puede ver en anexo G, mientras que en anexo H se analizan las medias, las cuales los panelistas prefirieron a la muestra 517 como un mejor olor, esto se da debido a que la cantidad de grasa puede afectar al olor haciéndolo más intenso, dando mayor satisfacción a los consumidores por sus contenidos de compuestos volátiles (Chancasanampa, L. & Mucha, K. 2019). La cantidad de grasa es importante en el aspecto de olor, ya que los contenidos de grasa bajos pueden ocasionar una reducción de olores tradicionales y aceitosos en galletas (Zbikowska et al., 2018). En adición, uno de los motivos que la muestra 694 tuvo una menor media fue el contenido de polen, el cual a simple vista presenta polen carbonizado en la parte exterior de la galleta, esto debido al ser horneado a altas temperaturas, dando como resultado que el polen no presente un olor apetecible a los consumidores.

3.3.3 Aspecto visual

Para el aspecto visual se tuvo una significancia porque el valor fue menor al α de 0.05, en anexo I se encuentra el valor p de 0, mientras que en anexo J se estima que la media de la muestra 694 tuvo una mejor aceptación en comparación a la diferente muestra, este resultado se da debido a que la galleta con más contenido de grasa, presentó una extensión mayor a comparación con la otra muestra, debido a que la grasa se derrite en el horno, lo cual actúa como lubricante para la masa haciendo que se extienda en el proceso de horneo. Por otra parte, al usar inulina se observó que la galleta era más compacta, dando un mayor grosor, lo cual hace más llamativo al ojo del consumidor (Moralejo, C. 2019).

3.3.4 Dureza

El aspecto de dureza no tuvo significancia mediante el modelo estadístico porque su valor p es mayor al α de 0.05, por lo tanto, las 2 formulaciones no tenían diferencia en tanto la dureza y fueron aceptadas por los panelistas. La grasa brinda una textura más suave, pero se observó que no fue percibido por los panelistas, entonces la inulina actúa de buena manera con la textura (Sudha et al., 2007).

3.3.5 Aspecto Global

En el caso de aspecto global no se encontró una diferencia significativa, debido a que el valor p es mayor al α de 0.05, por lo tanto, no se percibió una diferencia de aceptabilidad para los panelistas. Según Moralejo, C. (2019) afirma que la cantidad de grasa es importante en un aspecto general de la galleta, ya que brinda propiedades como lubricidad y suavidad. Sin embargo, al sustituir la grasa, no se percibe una diferencia con el control, por lo cual se estima que las características de las galletas no se vieron modificadas utilizando inulina como sustituto de grasa.

3.3.6 Jueces

Mediante un estudio de bloques por análisis de varianza se determinó si existe una variabilidad entre los jueces con cada atributo calificado en la evaluación. En el aspecto de color, olor y aspecto visual, los jueces tuvieron una variabilidad significativa, la cual indica que existe una diferencia entre juez al calificar este aspecto. Para el caso del aspecto de la dureza y aspecto global no cuentan con una significancia entre juez y muestra. La variabilidad entre juez se da por no contar con panelistas previamente entrenados, por lo tanto, esto no tiene efecto en los resultados obtenidos de la evaluación.

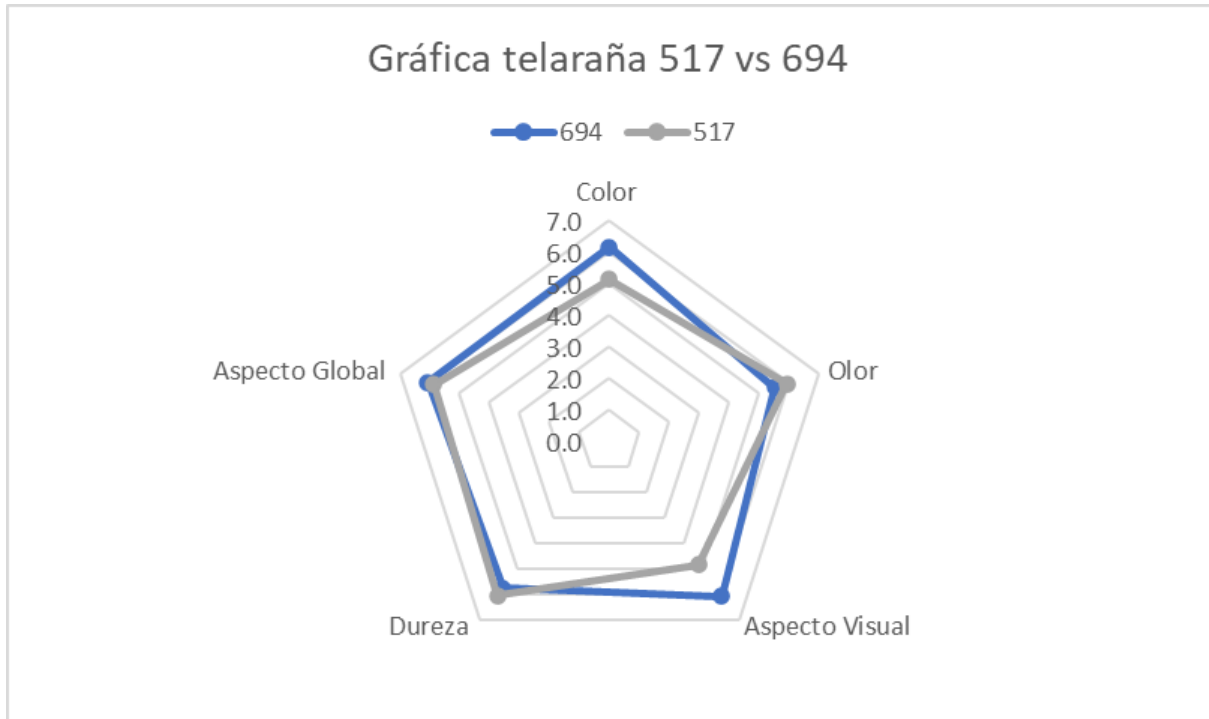


Gráfico 5.

Gráfica telaraña de las muestras 517 y 694

En la gráfica 5 se realizó un gráfico de telaraña, en el cual se puede resumir de manera visual todos los aspectos que se calificaron para cada muestra.

CONCLUSIONES

Se elaboraron galletas bajas en grasa gracias a la utilización de inulina, la cual es un buen sustituto de la grasa y no afecta a las propiedades físicas o sensoriales de la galleta, además se utilizó polen en la formulación para brindar propiedades nutricionales. Sin embargo, se debe de añadir una cantidad de agua relacionada con la cantidad de inulina para no tener cambios en la estructura de las masas, dando como resultado una disminución del 65.03% de compuestos lipídicos.

Se realizó un modelo el cual brindó información para obtener una ecuación matemática para la optimización de reducción de grasa utilizando la correcta proporción de inulina y polen. Se obtuvo la gráfica de superficie de respuesta, la cual muestra esta proporción de inulina y polen óptimo.

Se estudió los compuestos de la galleta con la mejor proporción de inulina y polen, para de esta manera conocer la cantidad exacta de grasa, proteína y carbohidratos y poder comparar con la formulación base, lo cual disminuyó su contenido de grasa considerablemente.

La evaluación sensorial realizada mostró resultados positivos, sin embargo, aspectos como dureza y aspecto global no tuvo una diferencia significativa, esto indica que la sustitución de grasa tuvo un efecto positivo, por lo que los panelistas brindaron una aceptación igual a la formulación base, por lo cual se realizó una sustitución adecuada. Por otra parte, existió una diferencia significativa en atributos como olor, color y aspecto visual, esto puede originarse por su estructura presente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.A.C.C. (1961). Crude Protein--Improved Kjeldahl Method. *AACC International Approved Methods*. <https://doi.org/10.1094/aaccintmethod-46-10.01>
- Aloisi, P. V., & Ruppel, S. (2014). Propiedades bioactivas y nutricionales del polen apícola de la provincia del Chubut, Argentina. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 40(3), 296-302.
- Ameur, L. A., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., & Birlouez-aragon, I. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. *Food Chemistry*, 101, 1407– 1416.
- Anderson R, Conway H, Peplinski A. (1969). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, extrusion cooking and steaming. *Starch*. 22 (4):130-135.
- Anzaldúa-Morales A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia. Zaragoza,
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, Helrich, K. (Ed.). 15th edn., vol 2. Virginia:A.O.A.C., Inc. Publishers, pp. 69-90.
- ARCSA. (2013). REGLAMENTO SANITARIO DE ETIQUETADO DE ALIMENTOS PROCESADOS PARA EL CONSUMO HUMANO. Retrieved from <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2014/08/REGLAMENTO-SANITARIO-DE-ETIQUETADO-DE-ALIMENTOS-PROCESADOS-PARA-EL-CONSUMO-HUMANO-junio-2014.pdf

Arévalo, S. (2017). *Agua en los alimentos*. Concytec.gob.pe.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_dd917bf4775409df17a2a9c030622876/Description

Brasil, J. A., Silveira, K. C. D., Salgado, S. M., Livera, A. V. S., Faro, Z. P. D., & Guerra, N. B. (2011). Effect of the addition of inulin on the nutritional, physical and sensory parameters of bread. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 47, 185-191.

Castejón, M. L. L., Bengoechea, C., Collado, S. L., & García, J. M. A. (2020). Propiedades reológicas y microestructurales de geles prebióticos de inulina. *Afinidad: Revista de química teórica y aplicada*, 77(591), 175-181.

Chancasanampa Lara, Y., & Mucha Payano, K. J. (2019). Evaluación de la emulsión, ácidos grasos y características sensoriales en la elaboración de salchichas sustituyendo grasa por aceite vegetal.

Dominguez, C. M., Ticlayaur, E. M., Gamarra, J. V., Rodríguez, B. P., & Alor, L. G. (2013). Formulación y evaluación de galletas enriquecidas con micronutrientes y proteínas de origen animal y vegetal para desayunos escolares. *Infinitum...*, 3(2).

- Embuena Candela, M. D. L. D. (2015). Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- FAO. (2016). ÍNDICES DE PRODUCCIÓN. Recuperado del sitio web de <https://www.fao.org/faostat/es/#search/trigo>
- Giri, A., Kanawjia, S. K., & Singh, M. P. (2017). Effect of inulin on physico-chemical, sensory, fatty acid profile and microstructure of processed cheese spread. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2443-2451.
- Girón Ortiz, J. A. (2016). *Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca) enriquecidas con semillas de zambo (Cucurbita ficifolia) y endulzadas con Stevia* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.).
- Gotteland, M., & Brunser, O. (2006). Efecto de un yogur con inulina sobre la función intestinal de sujetos sanos o constipados. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 553-560.
- Hernandez, M. A. L., Cruz, A. R. N., Sanches, R. Á. S., Abundez, J. A. H., Alvarado, C. A. Z., & Pereira, D. S. (2019). Incorporación de harina de polen en panificación. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 14(1), 48-54.
- Islas-Rubio, A. R., Hernández-Zepeda, A., Calderón de la Barca, A. M., Ballesteros-Vásquez, M. N., Granados-Nevárez, M. D. C., & Vásquez-Lara, F. (2012). Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 62(2), 185-191.

- Iturbe Chiñas, A. F., & Sandoval Guillén, B. J. (2011). *Análisis de alimentos: fundamentos y técnicas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kirk R. S., Sawyer R & Egan, H. (1996). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*, segunda edición; Compañía editorial continental, SA de CV, México.
- Krystijan, M., Gumul, D., Ziobro, R., & Sikora, M. (2015). The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties. *Journal of Food Quality*, 38, 305– 315
- Lara-Fiallos, M., Lara-Gordillo, P., Julián-Ricardo, M. C., Pérez-Martínez, A., & Benítez-Cortés, I. (2017). Avances en la producción de inulina. *Tecnología Química*, 37(2), 352-366.
- Lee, J. H. (2017). Physicochemical and sensory evaluation of wheat cookies supplemented with burdock powder. *Korean Journal of Food Preservation*, 24(8), 1053-1059.
- Leon-Mendez, G., Leon-Mendez, D., Pajaro-Castro, N., Granados-Conde, C., Granados-Llamas, E., & Bahoque Peña, M. J. (2020). Elaboración de una galleta a base de harinas de plátano pelipita (*Musa abb*) y de batata (*Ipomea batatas*). *Revista chilena de nutrición*, 47(3), 406-410.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35, 23–42.
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 57(4), 387-396.

- Mana, M. D., Hussey, A. M., Tzouanas, C. N., Imada, S., Millan, Y. B., Bahceci, D., ... & Yilmaz, Ö. H. (2021). High-fat diet-activated fatty acid oxidation mediates intestinal stemness and tumorigenicity. *Cell reports*, 35(10), 109212.
- Manfugás, J. E. (2020). Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria (Cuba).
- Martínez, N. S., Ruíz, O. C., Castillejos, G. R., Perales-Torres, A., & Pérez, A. L. G. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3).
- Menacho Solís, J. G. (2019). Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de haba (vicia faba l.) Torrefactada artesanalmente en las características físicas y sensoriales del pan.
- Moralejo Carral, C. (2019). Estudio de la sustitución de grasas en galletas de trigo y maíz blanco.
- Montgomery, Douglas c. diseño y análisis de experimentos. 2a. ed. México: limusa wiley, 2005.
- Mungsan, N. (2018). Origen y diversidad de polen apícola. Recuperado del sitio web <https://eprints.ucm.es/id/eprint/63006/2/NOOSIN%20MUNGSAN.pdf>
- Nazari, Zahra, and Ahmad Ehtiati. "Evaluation of the effect of fat replacer gel on physicochemical and rheological properties of low-calorie cake dough and texture." *Journal of food science and technology (Iran)* 19.122 (2022): 209-220.
- Nielsen S. (Ed); (1998). *Food Analysis Second Edition*; An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, USA.

- Orrego, A. C., Salazar, C., MUÑOZ, C. V., & CALVO, S. (2022). Caracterización Fisicoquímica y Antimicrobiana del Polen de Abejas Producido en el Departamento de Caldas. *CON-CIENCIA Y TÉCNICA*, 6(1), 45-48.
- Organización Internacional de Metrología Legal. (2011). Medición de densidad. In *Guía OIML*. <https://www.oiml.org/en/publications/other-language-translations/spanish/g014-es11.pdf>
- Rivera, J. (2022). Perfil de la desnutrición infantil en Manabí y el rol de las políticas públicas. *ECA Sinergia*, 13(1), 129-138.
- Saavedra, K. I., Rojas, C., & Delgado, G. E. (2013). Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque-Perú). *Revista chilena de nutrición*, 40(1), 71-78.
- Salazar Palacio, P., & Duque Arredondo, D. (2014). Razones de consumo de galletas tipo saludables.
- Sanchez, C., Klopfenstein, C. F., & Walker, C. E. (1995). Use of carbohydrate-based fat substitutes and emulsifying agents in reduced-fat shortbread cookies. *Cereal Chemistry*, 72(1), 25-29.
- Santillán-Urquiza, E., Mendez-Rojas, M. A., & Vélez-Ruiz, J. F. (2014). Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 8(1), 5-14.
- Schädle, Christopher N., Solange Sanahuja, and Stephanie Bader-Mittermaier. "Influence of fat replacers on the rheological, tribological, and aroma release properties of reduced-fat emulsions." *Foods* 11.6 (2022): 820.

- Sifre, M. D., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P., & Tosca, P. (2018). La harina. Universitat Jaume I. Recuperado de: <http://bibliotecavirtualesenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LAHARINA.pdf>.
- Suriya, M., Rajput, R., Reddy, C. K., Haripriya, S., & Bashir, M. (2017). Functional and physicochemical characteristics of cookies prepared from *Amorphophallus paeoniifolius* flour. *Journal of Food science and Technology*, 54(7), 2156-2165.
- Sudha, M. L., Srivastava, A. K., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering*, 80, 922–930.
- Wade, P. (1988). *Biscuits, cookies and crackers: The principles of the craft, volume 1*. Londres: Elsevier Applied Science
- Webb, T., Heaps, P., Eggitt, R., & Coppock, J. (1970). A rheological investigation of the role of water in wheat flour doughs. *International Journal of Food Science and Technology*, 5, 65–76.

ANEXOS

Anexo A: Tabla ANOVA y R2de proteína

ANOVA PROTEÍNA					
	SS	GL	MS	F	p
(1)Polen (L)	0.187016	1	0.187016	2.77529	0.194319
Polen (Q)	0.106654	1	0.106654	1.58273	0.297377
(2)Inulina (L)	0.014982	1	0.014982	0.22234	0.669438
Inulina (Q)	0.09202	1	0.09202	1.36557	0.326989
1L x 2L	0.661889	1	0.661889	9.82237	0.051902
Lack of Fit	5.160447	3	1.720157	25.52696	0.012284
Error	0.202158	3	0.067386		
Total SS	6.392586	11			

R2= 0.16112

Anexo B: Tabla ANOVA y R2de densidad

ANOVA DENSIDAD

	SS	GL	MS	F	p
(1)Polen (L)	0.000033	1	0.000033	0.034999	0.863535

Polen (Q)	0.00002	1	0.00002	0.021057	0.893825
(2)Inulina (L)	0.002601	1	0.002601	2.792389	0.193306
Inulina (Q)	0.000144	1	0.000144	0.154952	0.720156
1L x 2L	0.003071	1	0.003071	3.296775	0.167036
Lack of Fit	0.003415	3	0.001138	1.222235	0.436441
Error	0.002794	3	0.000931		
Total SS	0.012106	11			

R²= 0.48707

Anexo C: Tabla ANOVA y R² de actividad de agua

ANOVA ACTIVIDAD DE AGUA					
	SS	GL	MS	F	p
(1)Polen (L)	0.001756	1	0.001756	1.092779	0.372666
Polen (Q)	0.017712	1	0.017712	11.02051	0.045064
(2)Inulina (L)	0.00576	1	0.00576	3.58404	0.154672
Inulina (Q)	0.000363	1	0.000363	0.22559	0.667252
1L x 2L	0.000006	1	0.000006	0.00389	0.954199
Lack of Fit	0.026356	3	0.008785	5.46608	0.098318

Error	0.004822	3	0.001607		
Total SS	0.056467	11			

R²= 0.44786

Anexo D: Tabla ANOVA y R²de grasa

ANOVA GRASA					
	SS	GL	MS	F	p
Polen (Q)	6.60329	1	6.60329	7.29565	0.073721
(2)Inulina (L)	14.3811	1	14.3811	15.88898	0.028265
Inulina (Q)	7.02681	1	7.02681	7.76358	0.068629
Lack of Fit	9.77902	5	1.9558	2.16087	0.279393
Error	2.7153	3	0.9051		
Total SS	43.85051	11			

R²= 0.71507

Anexos E: Análisis de Varianza y medias de color

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Muestra	1	47,55	47,551	61.13	0,000
Jueces	88	119.78	1.3611	1.75	0.005

Error	88	68.45	0.7778		
Total	177	235,78			

Anexos F: Análisis de medias de color

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
color 517	89	5,146	1,163	(4,930; 5,362)
color 694	89	6,1798	0,8863	(5,9634; 6,3961)

Anexo G.: Análisis de Varianza y medias de olor

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	88	146.09	1.6601	2.52	0.000
Muestra	1	8.545	8.5449	12.97	0.001
Error	88	57.955	0.6586		
Total	177	212,590			

Anexo H: Análisis de medias de olor

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

olor 517	89	5,944	1,059	(5,718; 6,170)
olor 694	89	5,528	1,098	(5,302; 5,754)

Anexos I: Análisis de Varianza y medias del aspecto visual

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	88	135.8	1.543	1.46	0.038
Muestra	1	71.74	71.736	68.05	0,000
Error	88	92.76	1.054		
Total	177	300,22			

Anexos J: Análisis de medias de aspecto visual

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
aspecto visual 517	89	4,843	1,331	(4,602; 5,083)
aspecto visual 694	89	6,0787	0,9321	(5,8383; 6,3190)

Anexo K: Análisis de Varianza de dureza

Análisis de Varianza

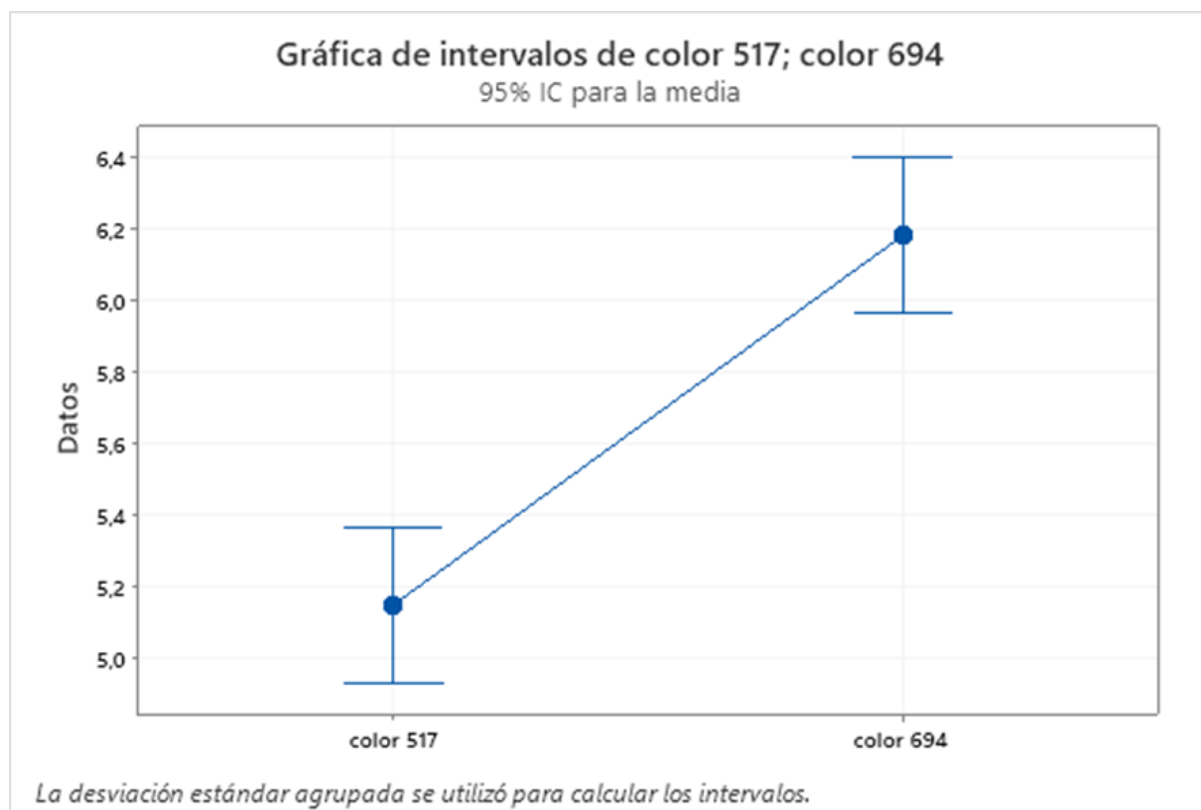
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	88	149.876	1.703	1.35	0.083

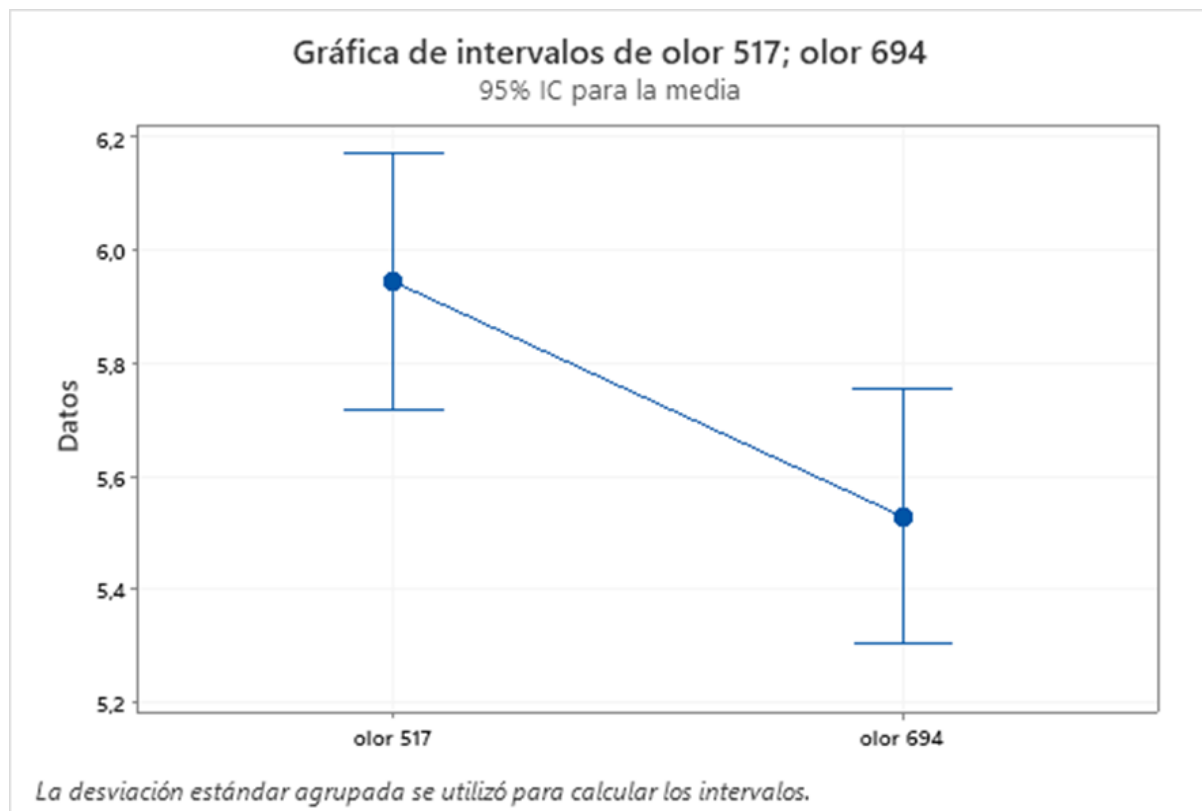
Muestra	1	4,096	4,096	3.24	0.076
Error	88	111.404	1.266		
Total	177	263,376			

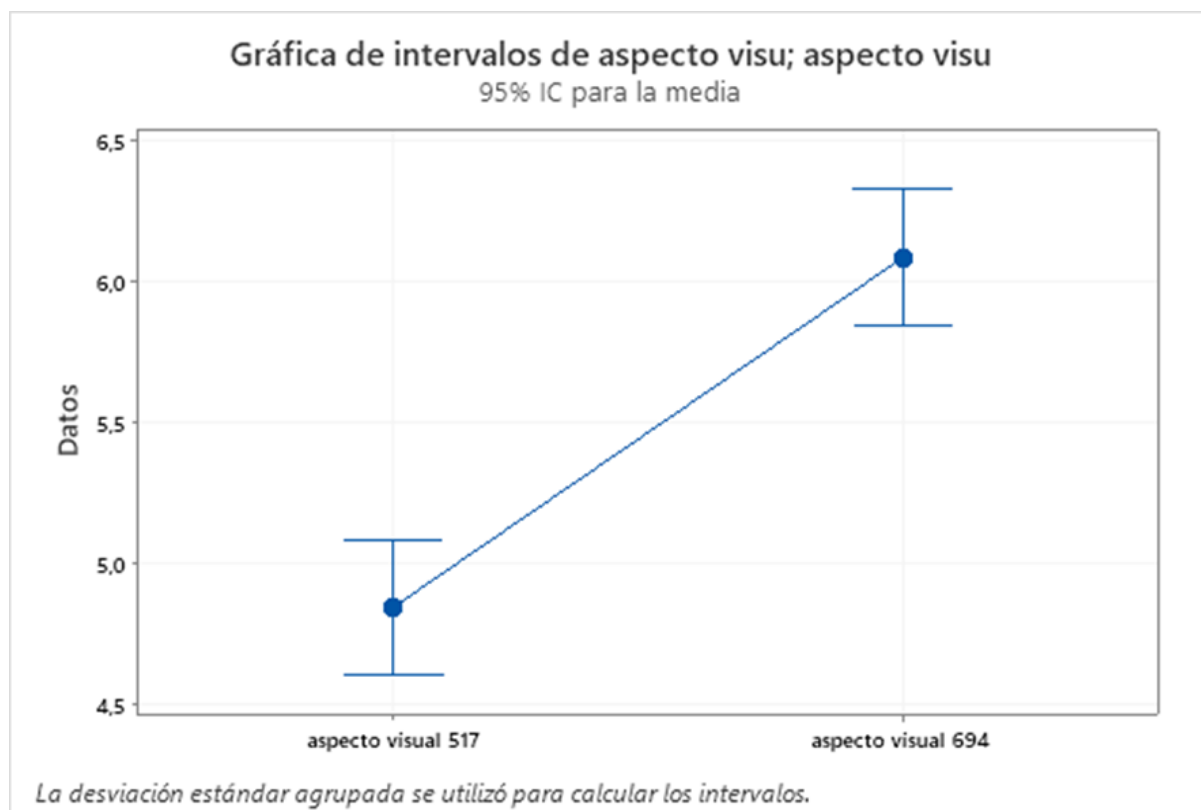
Anexos L: Análisis de Varianza de aspecto global

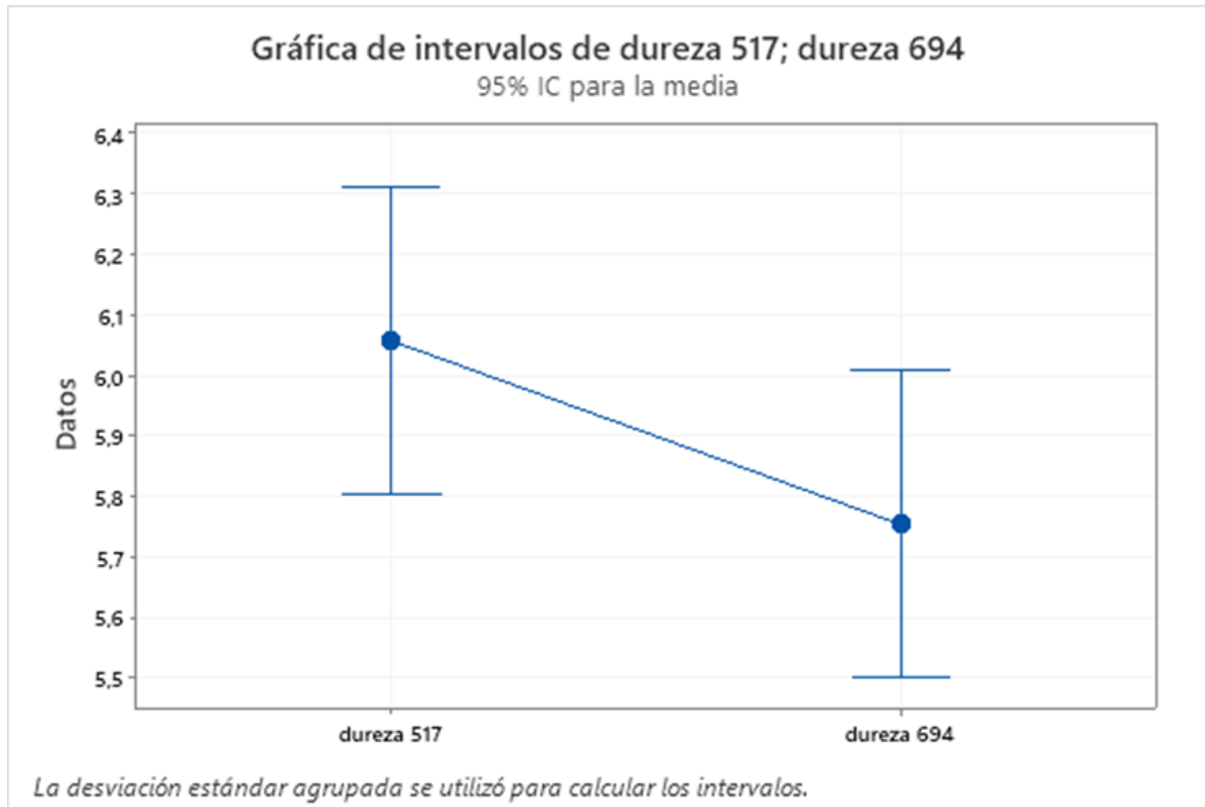
Análisis de Varianza global

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	88	58.64	0.6664	1.48	0.033
Muestra	1	1.438	1.4382	3.20	0.077
Error	88	39.562	0.4496		
Total	177	99.640			

Anexos M: Gráfica de intervalos de color

Anexos N: Gráfica de intervalos de olor

Anexos O: Gráfica de intervalos de Aspecto visual

Anexos P: Gráfica de intervalos de Dureza

Anexos Q: Evaluación sensorial del 7 de diciembre 2022, en Universidad San Francisco de Quito.

