

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Utilización de fréjol (*Phaseolus vulgaris, L.*), arroz (*Oryza sativa*)
y aguacate (*Persea americana*) en la elaboración de galletas
ricas en proteína y libres de gluten**

José Albero Bolaños Zeas

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de integración curricular presentado como requisito

para la obtención del título de:

Ingeniero en Alimentos

Quito, 10 de diciembre de 2019

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Utilización de fréjol (*Phaseolus vulgaris*, L.), arroz (*Oryza sativa*) y aguacate (*Persea americana*) en la elaboración de galletas ricas en proteína y libres de gluten

José Alberto Bolaños Zeas

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Lucía Ramírez, Ph. D.

Nombre del profesor, Título académico

Gabriela Vernaza, Ph. D.

Firma del profesor:

Firma del profesor:

Quito, 10 de diciembre de 2019

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 el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: José Alberto Bolaños Zeas

Código: 00136736

Cédula de identidad: 0919699603

Lugar y fecha: Quito, 10 de diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A Gabriela Vernaza (Ph.D) por ser tutora y guía en este proceso de investigación y tener siempre una respuesta para todo. A Antonella Cornejo, María José Dávila, Veridian Zambrano y Karen pineda por ayudarme en la prueba sensorial, sin ellas, la evaluación no hubiese sido posible. A Carolina Yagual, Emilene Erazo y María Isabel Almeida por ayudarme en el transcurso de la fase experimental.

RESUMEN

Las galletas son alimentos versátiles que pueden suplir necesidades específicas y ser utilizados como vehículos para aumentar la ingesta de distintos nutrientes. El objetivo fue elaborar galletas depositadas libres de gluten a base de harina de arroz. Se realizó un diseño central compuesto 2^2 donde se estudió la sustitución parcial de harina de arroz por harina de frejol (*Phaseolus vulgaris*, L.) (0-60%) y la sustitución de la mantequilla por puré de aguacate (*Persea americana*) (0-100%). Los resultados fueron analizados por Superficie de Respuesta. Las variables de respuesta fueron: proteína (%), grasa (%), diámetro/altura, pérdida de peso (%), Aw, humedad (%) y cenizas (%). A valores altos de las dos variables estudiadas la cantidad de proteína, de cenizas y de humedad aumentó significativamente. La cantidad de grasa incrementó al utilizar bajos niveles de puré de aguacate. Los menores valores de pérdida de peso se obtuvieron en niveles intermedios de harina de fréjol. Las respuestas de Aw y la relación diámetro/altura no fueron afectadas por las variables estudiadas. Al optimizar se obtuvieron 3 formulaciones diferentes: una con alto porcentaje de proteína (46% de harina de fréjol y 86% de puré de aguacate), otra formulación con un rango apropiado de humedad para reducir la oxidación lipídica (59% de fréjol y 82% de puré de aguacate) y una formulación con 100% de aguacate (40% de fréjol y 100% de puré de aguacate). Los resultados del análisis sensorial de las muestras optimizadas indicaron que la formulación con mayor aceptación global fue la elaborada con 46% de harina de fréjol y 86% de harina de aguacate, concluyendo que es posible elaborar una galleta libre de gluten y con una adecuada cantidad de proteína.

Palabras clave: Galletería, gluten free, palta, diseño central compuesto, superficie de respuesta.

ABSTRACT

Cookies are versatile foods that can supply specific needs and as well as be used as vehicles for increasing the intake of different nutrients. The objective of this study was to elaborate Danish type gluten free cookies based on rice flour. A central composite design 2^2 was used for analyzing the partial substitution of rice flour for bean flour (*Phaseolus vulgaris*, L.) (0-60%) and the substitution of butter for avocado puree *Persea americana* (0-100%). Response surface methodology was used for analyzing the data and mathematical models were obtained using a significance of 10% ($p < 0.1$) and a minimum of R^2 of 0.6. The analyzed variables were protein content (%), fat content (%), spread ratio, weight loss (%), water activity, moisture (%) and ashes (%). When the substitution of both factors (bean flour and avocado puree) increased the amount of protein, ashes and moisture increased significantly. The amount of fat significantly increased when the substitution of avocado decreased. The minimum value of weight loss was obtained on intermediate values of bean flour. Water activity and spread ratio were not affected by the studied variables. For the optimization, three different formulas were obtained: one with high percentage of protein (46% bean flour and 86% of avocado puree), another formulation with an appropriate range of moisture by reducing the lipid oxidation (59% bean flour and 82% avocado puree) and a formulation with 100% of avocado (40% bean flour and 100% avocado puree). The results for sensory evaluation of the optimized treatments indicated that the formulation of 46% bean flour and 86% of avocado puree had the highest global acceptance compared to the formulation of 59% bean flour and 82% avocado puree. Meanwhile, the formulation 40% bean flour and 100% avocado puree was equally accepted to the other two (46% bean flour, 86% of avocado puree; 59% bean flour and 82% avocado puree) concluding that it is possible to produce gluten free cookies with an adequate amount of protein.

Key words: biscuits, gluten free, central composite design, avocado, response surface methodology

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo general:.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. METODOLOGÍA	14
3.1 Obtención de harina de fréjol	14
3.2 Elaboración de puré de aguacate.....	14
3.3 Elaboración de galletas.....	15
3.4 Diseño experimental.....	18
3.5 Optimización	18
3.6 Evaluación sensorial	18
3.7 Métodos analíticos.....	20
3.7.1. Relación diámetro/altura (tasa de expansión)	20
3.7.2 Pérdida de peso por cocción.....	20
3.7.3 Actividad acuosa	20
3.7.4 Contenido de proteína	20
3.7.5 Contenido de humedad.....	21
3.7.6 Contenido de cenizas.....	21
3.7.7 Contenido de grasa	22
3.7.8 Análisis Estadísticos.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	22
4.1 Contenido de proteína	25
4.2 Contenido de grasa	26
4.3 Contenido de Humedad.....	27
4.4 Pérdida de peso	27
4.5 Cantidad de Cenizas	28
4.6 Diámetro /altura.....	29
4.7 Actividad acuosa	30
4.8 Optimización	30
4.9 Evaluación sensorial	31
5. RECOMENDACIONES	38

6. CONCLUSIONES	38
7. REFERENCIAS	40
8. ANEXOS	44
8.1 Análisis de varianza	44
8.2 Anexo Evaluación sensorial	47

Índice de Tablas

Tabla 1: Formulación Base	16
Tabla 2: Formulación Base modificada.....	17
Tabla 3: Variables de entrada y porcentajes.....	19
Tabla 4: Matriz de tratamientos.	19
Tabla 5: Medias aritméticas y desviaciones de las variables e respuesta cuantificadas.....	22
Tabla 6: Variables de respuesta, modelo matemático y R^2 (x1: fréjol y x2: puré de aguacate)	23
Tabla 7: Optimización.....	30
Tabla 8: Análisis proximal tratamientos optimizados.....	30
Tabla 9: Análisis de Varianza – Sabor.....	31
Tabla 10: Análisis de varianza- Dureza	31
Tabla 11: Análisis de Varianza - Apariencia.....	32 31
Tabla 12: Análisis de Varianza - Global	32
Tabla 13: Evaluación sensorial – Sabor.....	32
Tabla 14: Evaluación sensorial - Dureza, apariencia, global.....	32
Tabla 15: Análisis de varianza - cantidad de proteína.....	44
Tabla 16: Análisis de Varianza - Cantidad de Grasa.....	44
Tabla 17: Análisis de varianza - Humedad	45
Tabla 18: Análisis de varianza - Actividad de agua.....	45
Tabla 19: Análisis de Varianza Diámetro/altura	46
Tabla 20: Análisis de Varianza - Pérdida de peso.....	46
Tabla 21: Análisis de varianza – Cenizas.....	47

Índice de Figuras

Figura 1: Superficie de respuesta - contenido de proteína (%).....	2322
Figura 2: Superficie de respuesta - contenido de grasa (%)	2322
Figura 3: Superficie de respuesta - contenido de humedad (%).....	2423
Figura 4: superficie de respuesta - pérdida de peso (%).....	2423
Figura 5: Superficie de respuesta - Contenido de Cenizas (%)	2423
Figura 6: Superficie de respuesta - Diámetro/Altura.....	2423
Figura 7: Histograma por género – Sabor.	34
Figura 8: Histograma por género - Dureza.	34
Figura 10: Histograma por género - Aceptación Global.	3534
Figura 9: Histograma por género - Apariencia.	3534

1. INTRODUCCIÓN

Las galletas, últimamente, se han convertido en snacks populares en el Ecuador. Es común observar diferentes tipos en perchas de supermercados y tiendas de abastos, con distintos precios y presentaciones. Según la norma INEN (2085: 2005) son alimentos que se obtienen a partir del horneado de harina de trigo u otros farináceas (maíz, arroz, leguminosas) en conjunto con otros ingredientes. En esta misma Norma se describen distintos tipos de galletas, así como en la bibliografía. También existen estudios, por la versatilidad de este alimento, con el fin de producir variedades dirigidas a grupos meta, como personas con enfermedad celiaca (Rai, Kaur, & Baljit, 2014), obesidad (de Luis, y otros, 2011) y diabetes.

La enfermedad celiaca, es un desorden autoinmune resultante de la interacción entre el gluten y factores genéticos, inmunes y ambientales a los cuales se encuentra sometido el individuo (Green & Celier, 2007). Los síntomas presentados son inflamaciones crónicas y lesiones en el intestino delgado llegando al punto de reducir la absorción de nutrientes, además de diarrea al ingerir gluten (Lamacchia, Camarca, Picascia, Di Luccia, & Gianfrani, 2014). Los genotipos HLA que presentan los alelos DQ2: DQA1*0501 y DQB1*0201, o los alelos DQ8: DQA1*0301 y DQB1*0302 (Lamacchia, Camarca, Picascia, Di Luccia, & Gianfrani, 2014); manifiestan los síntomas ya mencionados (Lionetti, Gatti, Pulvirenti, & Catassi, 2015). Para este desorden, no existe ningún otro tratamiento más que consumir alimentos sin gluten. Lamacchia y otros (2014) citan estudios de productos horneados a base de cereales sin gluten que usan materia prima como maíz y amaranto.

El gluten, compuesto causante de los síntomas, es un complejo de proteínas formado por gliadina y glutenina, fuerza mecánica y agua (O'Donnell, 2016). Está asociado con textura y sabor, por lo que es de vital importancia en la industria de pastelería ya que productos con otro tipo de farináceas no generan las mismas cualidades organolépticas que cereales como trigo, cebada y sorgo que contienen gluten.

Las galletas resultan de la combinación de ingredientes como harina, grasa, huevos, azúcar, condimentos y saborizantes. La combinación de harinas de arroz y harina de fréjol (cereal + leguminosa; no contienen gliadina) es recomendada por la FAO para plantación y consumo en zonas donde escasea la proteína animal (Matusso, Mugwe, & Mucheru - Muna, 2012), debido al perfil de aminoácidos complementario de ambos alimentos (Carvalho, y otros, 2012). Países como Brasil, Ecuador y de Centro América usan leguminosas y arroz como base de sus dietas, por lo cual son materias primas potenciales para el desarrollo de nuevos productos. Los cereales, deficientes en lisina (31 ± 10 mg/ g de proteína), deben ser complementados con una fuente de este aminoácido como las leguminosas (64 ± 10 mg/ g de proteína). A su vez, los cereales contienen mayor cantidad de aminoácidos sulfurados (37 ± 5 mg/g de proteína) que las leguminosas (25 ± 3 mg/g de proteína) por lo cual forman un complemento idóneo para la producción de alimentos sin gluten (Young & Pellet, 1994). El arroz contiene 6.61 g de proteína/100 g de producto y es una proteína incompleta ya que es deficiente en lisina. Por esto, las leguminosas como el fréjol son un buen complemento ya que contiene 22.86 g de proteína/100 g de producto, y es deficiente en metionina (USDA, 2019).

Uno de los ingredientes fundamentales de las galletas son las grasas que generan el encremado para ingresar aire a la mezcla a través del batido (Delcour & Hosenev,

2010). Si bien, la mantequilla contiene trazas de lactosa y es seguro para la mayor parte de los intolerantes a ella (Silanikove, Leitner, & Merin, 2015), se podría eliminar la lactosa en totalidad de la formulación usando grasas alternativas como puré de aguacate. La mantequilla es fuente de ácidos grasos saturados relacionados con enfermedades coronarias y arterioesclerosis (51.37 g/100 g de producto), contiene ácidos grasos monoinsaturados (21 g /100 g de producto) y ácido grasos poliinsaturados (3.04g/100g) de producto (USDA, 2019). En cambio, el aguacate (*Persea americana*, variedad fuerte) posee un perfil de ácidos grasos distinto al de la mantequilla; a partir de extracción con solventes orgánico se obtuvo en promedio $18.03 \pm 0.18\%$ de ácido palmítico (C 16:0); $6.23 \pm 0.09\%$ de ácido palmito oleico (C 16: 1); y $59.00 \pm 0.57\%$ de ácido oleico (C 18: 1) (Reddy, Moodley, & Jonnalagada, 2012). La FDA declara la composición en porcentaje en donde el total de ácidos saturados es de 2.13%, total monoinsaturados es 9.8% y poliinsaturados 1.8%. Por lo anterior, los aguacates presentan una opción para sustituir a la grasa en productos de panificación ya que es capaz de generar migas aireadas, otorga atributos de textura deseados y genera productos con bajo contenido de grasa (Abdul Manaf, Othman, Harith, & Wan Ishak, 2017). Esta fruta crece en árboles, es de la familia *Lauraceae* (Araújo, Rodríguez - Jasso, Ruiz, Pintado, & Aguilar, 2018) y forma parte de la dieta de varios países como Ecuador, Brasil, Perú y en países como Chile el consumo es diario.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Elaborar galletas libres de gluten a base de harina de arroz con adición de harina de fréjol para aumentar y complementar las proteínas, y con sustitución de mantequilla por puré de aguacate para mejorar el perfil lipídico.

2.2 Objetivos específicos

Desarrollar galletas depositadas libres de gluten usando la combinación cereal más leguminosa.

Analizar adición de harina de fréjol (*Phaseolus vulagris, L.*) y la sustitución de mantequilla por puré de aguacate (*Persea americana*) en las propiedades físicas, químicas y características sensoriales de galletas a base de arroz.

3. METODOLOGÍA

3.1 Obtención de harina de fréjol

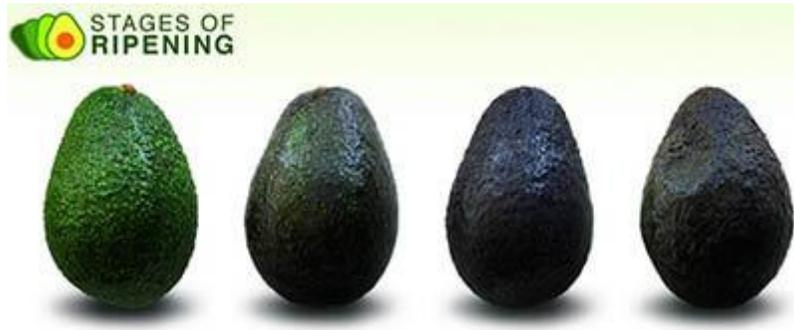
Para el diseño de este producto se usó fréjol rojo (*Phaseolos vulgaris. L spp*). Se pulverizó a 25000 rpm por 1 minuto en una pulverizadora de alta velocidad marca ATLAS modelo 2000A. Luego, se tamizó esta harina y se envasó en una bolsa de polietileno de alta densidad sellada con calor. Se guardó en una bolsa de color negro en la oscuridad lejos de fuentes de humedad para garantizar la conservación del producto.

3.2 Elaboración de puré de aguacate

Se elaboró a partir de aguacates de la misma variedad (*Persea americana* variedad fuerte), con el mismo grado de madurez (imagen 1, tercero de izquierda a derecha) y comprados en el mismo lugar. Fueron cortados por la mitad, se extrajo el carozo y la pulpa

por separado. La pulpa fue convertida en puré por medio de fuerza física usando tenedor y en un bowl metálico.

Imagen 1: Estados de madurez (Sobitec Perú, 2000)



3.3 Elaboración de galletas

La formulación base fue una receta industrial de galletas depositadas (Tabla 1). La masa de estas galletas tiene una consistencia tal que se puede colocar dentro de una manga y obtener diferentes formas por medio de la extrusión en la boquilla (Delcour & Hosney, 2010).

Tabla 1: Formulación Base

Ingrediente	Base Panadera %
Harina Pastelera	100
Margarina	50
Mantequilla	20
Azúcar granulada	50
Huevos enteros	25
Miel	5
Esencia de vainilla	1.5

La fórmula de la Tabla 1, fue modificada por experimentos previos y por bibliografía consultada como Frota y *otros autores* (2010), se formularon las galletas de acuerdo a lo estipulado en la Tabla 2.

Tabla 2: Formulación Base modificada

Componente	Base Panadera %	Observación
Harina de arroz	100	Ver diseño experimental, Tablas 3 y 4.
Harina de fréjol	0 – 60	Ver diseño experimental, Tablas 3 y 4.
Margarina	50	
Mantequilla	0 -20%	Ver diseño experimental, Tablas 3 y 4.
Aguacate	0 – 20%	Ver diseño experimental, Tablas 3 y 4.
Azúcar granulado	50	
Huevos enteros	25	
Miel	5	
Esencia de vainilla	1.5	

Se mezcló la grasa (margarina, mantequilla y/o aguacate) con azúcar, se batió con batidora de mano marca Global, modelo BGMCR50012 de 250 W y 6 velocidades por 1 minuto en velocidad baja y 3 minutos en media. Se incorporaron los ingredientes líquidos (huevo, esencia de vainilla, miel) y se batió por 1 minuto en velocidad baja y 3 minutos en media. Se añadieron los sólidos (harina de arroz, harina de fréjol) y se batieron por dos minutos en velocidad baja. Se engrasó un molde de horno cuadrado y con la ayuda de una manga plástica y boquilla metálica con apertura de 3 cm de diámetro, se depositaron las galletas manteniendo los mismos pesos y dimensiones. Las galletas fueron horneadas a

165°C en la tercera plancha de un horno de convección no giratorio modelo Práctica, marca Technicook 2015 de 220 V, 9,575 kW de 6 planchas por 5 minutos. Se enfriaron a temperatura ambiente durante media hora y se realizaron las mediciones físicas y químicas.

3.4 Diseño experimental

Se aplicó un diseño central compuesto (DCC) con arreglo factorial 2^2 con el objetivo de estudiar los efectos de la sustitución parcial de harina de arroz por harina de fréjol (0g /100 g – 60g/100g de harina de arroz) (Frota K. , Morgano, da Silva, da Mota Araujo, & dos Reis Moreira Araujo, 2010) y la sustitución de la mantequilla por puré de aguacate (0 % - 100%) (Tablas 3 y 4). Se obtuvieron once tratamientos: 4 factoriales, 3 repeticiones del punto central y 4 axiales. El valor α fue de 1,4142 para garantizar la rotabilidad del modelo. La matriz de los tratamientos se presenta en la Tabla 3.

3.5 Optimización

Para optimizar los tratamientos se utilizó la función de deseabilidad, en la que problemas con múltiples soluciones se pueden reducir a un grupo pequeño de tratamientos. Con ayuda del software *Design Expert* y el conjunto de datos de las variables de respuesta, se buscaron los valores apropiados con el objetivo de maximizar la deseabilidad entre 0 y 1 (Arias - Nava, Ríos - Lira, Vázquez - López, & Pérez - González, 2015).

3.6 Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de aceptación general con escala hedónica de 7 puntos (1: me disgusta mucho; 7 : me gusta mucho), entre los tres tratamientos (Fernandez, Rojas, García, Mejia, & Bravo, 2016) (Leyva - Martínez, y otros, 2010). Los jueces fueron estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito entre 18 y 24 años, y se les pidió evaluar sabor, dureza,

apariciencia y de manera global a las muestras (anexo). Se repartieron tres muestras en cada plato, con números de tres dígitos codificados (239, 458 y 657) correspondientes a los tratamientos optimizados. Cada participante recibió los tratamientos aleatorizados, probaron según las instrucciones dadas oralmente y descritas en el cuestionario de la evaluación (anexo 2). Para el análisis de los resultados

Tabla 3: Variables de entrada y porcentajes.

	$-\alpha$ (-1.4142)	-1	0	+1	α (1.4142)
A: ¹ Harina de fréjol	0%	8.79%	30%	51.21%	60%
B: ² Sustitución de mantequilla	0%	14.64%	50%	85.36%	100%

Tabla 4: Matriz de tratamientos.

Combinación	Niveles Codificados		Niveles porcentuales	
	Harina de fréjol	Sustitución de mantequilla	Harina de fréjol (%)	Sustitución de mantequilla (%)
1	-1	-1	8.79	14.64
2	-1	1	8.79	85.36
3	1	-1	51.21	14.64
4	1	1	51.21	85.36
5	$-\alpha$	0	0.00	50.00
6	$+\alpha$	0	60.00	50.00
7	0	$-\alpha$	30.00	0.00
8	0	$+\alpha$	30.00	100.00
9c	0	0	30.00	50.00
10c	0	0	30.00	50.00
11c	0	0	30.00	50.00

¹ Complemento entre arroz y fréjol fue del 100%.

² Sustitución de mantequilla por puré de aguacate

3.7 Métodos analíticos

Una vez horneadas y enfriadas las galletas se realizaron las siguientes determinaciones.

3.7.1. Relación diámetro/altura (tasa de expansión)

Se midió el diámetro y la altura, de ocho unidades escogidas al azar, con calibrador vernier. Se dividió el diámetro para la altura y se obtuvo un promedio de las ocho mediciones por formulación (Kaur, Sharma, Kumar, Kaur, & Gat, 2017).

$$\frac{D}{A} = \frac{\text{Diámetro (cm)}}{\text{Altura (cm)}}$$

3.7.2 Pérdida de peso por cocción

Se pesó la galleta antes del horneado con una balanza analítica de dos dígitos (máx 3100 g y mínimo 0.5 g; error de 0.1 g). Luego se pesó después del horneado y se realizó el cálculo según la fórmula descrita a continuación (Kaur, Sharma, Kumar, Kaur, & Gat, 2017).

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{(\text{Peso prehorneado} - \text{peso post horneado})}{\text{Peso pre horneado}} \times 100\%$$

3.7.3 Actividad acuosa

Se trituró la muestra y se colocó en el envase dentro del equipo Hygrolab C1 de la marca Rotronic (medidor de actividad acuosa). Se esperó que el equipo realice la medición automáticamente (4 minutos), se registró el resultado obtenido. Se realizó por triplicado y se calculó el promedio de cada fórmula.

3.7.4 Contenido de proteína

Se pesaron 0.5 g de muestra homogenizada en balanza analítica de 4 dígitos (máximo 220 g, min: 10 mg, error de 1 mg) y se colocaron en un matraz de digestión Kjeldahl,

se añadieron 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, con dos pastillas de catalizador y una de antiespumante. Se realizó la digestión en el equipo DK6 Heating Digester Velp Scientifica, se dejó enfriar y se colocó en el destilador automático cargado con 50 mL de agua destilada y 50 mL de NaOH al 35%. Luego, en un Erlenmeyer de 250 mL se colocaron 25 mL de ácido bórico al 4% para el proceso de destilación de amoníaco. Se tituló el destilado presente en el ácido bórico con ácido clorhídrico 0.2 N (AACC 46-12.01 - Método Kjeldahl). Se usó el factor de conversión 6.25 (Sánchez Navarro, Zornoza Belmonte, Faz Cano, & Fernández Hernández, 2015) y la ecuación a continuación:

$$\%N = \frac{(V\ HCl)(N\ HCl)(PM)}{Peso\ Muestra} \times 100 \times 6,25 =$$

3.7.5 Contenido de humedad

Se colocó la muestra pesada y triturada en un crisol en estufa a 105°C. Se calculó la diferencia de peso después de 4 horas según la ecuación, correspondiente al agua evaporada. Se realizó por triplicado y se obtuvo un promedio de las tres mediciones (Método AACC 44 – 01.01).

$$\%Humedad = \left(1 - \frac{peso\ residuo - peso\ crisol}{muestra}\right) \times 100\% =$$

3.7.6 Contenido de cenizas

Se pesaron entre 3 y 4 g de muestras triturada en un crisol y se lo colocó en mufla modelo Fisher Scientific modelo Isotemp Muffle Furnace a 550°C por 4 horas. Se realizó por triplicado y se tomaron los pesos de las tres muestras. Se obtuvo un promedio de las tres mediciones (AACC 08-01.01).

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{Peso crisol} + \text{residuo} - \text{Peso del crisolvació}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100\%$$

3.7.7 Contenido de grasa

Se pesaron de 3 a 3.5 g de muestra en un dedal para grasa. En el balón de extracción se vertieron 50 mL de hexano. Se colocó el balón con el dedal en el sistema Soxhlet, marca VELP Scientifica serie 148, para realizar la extracción por tres horas. Luego, para asegurar la evaporación del hexano, se colocó en la estufa a 105°C por 30 minutos y en la campana de desecación por 20 minutos (AACC 30 – 25.01).

$$\% \text{grasa} = \frac{\text{Peso postsoxhlet} - \text{peso balón}}{\text{peso muestra}} \times 100\%$$

3.7.8 Análisis Estadísticos

Los resultados obtenidos fueron analizados utilizando la metodología de superficie de respuesta con 0.1 de significancia y un R² mínimo de 0,60.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 5: Medias aritméticas y desviaciones de las variables e respuesta cuantificadas.

T.	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	D/A	Pérdida de peso	Aw	Cenizas (%)
1	6.69± 0.005	20.78±1.06	3.15±0.03	4.96±0.39	21.32±1.18	0.37±0.002	0.86±0.014
2	7.60±0.16	17.40±0.17	3.53±0.11	4.37±0.42	22.31±1.65	0.35±0.006	1.22±0.006
3	9.29±0.04	21.12±0.12	4.05±0.18	5.28±0.38	21.48±0.8	0.38±0.008	1.50±0.07
4	9.84±0.05	17.36±0.21	4.62±0.07	4.08±0.52	24.67±0.69	0.35±0.004	1.68±0.016
5	6.58±0.25	18.19±0.47	3.35±0.09	4.31±0.38	22.45±1.18	0.34±0.001	0.74±0.02
6	10.45±0.24	19.26±0.15	5.88±0.05	4.72±0.35	22.73±1.77	0.42±0.002	1.64±0.08
7	7.62±0.28	22.58±0.13	3.52±0.104	4.42±0.28	20.85±1.14	0.37±0.002	1.17±0.04
8	8.51±0.13	17.45±0.19	4.33±0.04	3.92±0.26	21.74±1.64	0.43±0.01	1.15±0.06
9	8.59±0.25	19.80±0.13	3.63±0.082	4.97±0.43	21.10±0.59	0.32±0.002	1.24±0.02
10	8.34±0.21	19.33±0.29	3.45±0.09	4.63±0.2	21.79±1.27	0.35±0.001	1.20±0.03
11	8.58±0.25	19.70±0.14	3.42±0.016	4.84±0.355	20.85±1.16	0.35±0.004	1.21±0.02

Tabla 6: Variables de respuesta, modelo matemático y R^2 (x_1 : fréjol y x_2 : puré de aguacate)

Variable de respuesta	Modelo matemático	R^2
Contenido de Proteína	$= 8.52 + 1.29x_1 + 0.339394 x_2 - 0.21x_2^2$	0.99
Contenido de Grasa	$= 19.75 - 0.54 x_1^2 - 1.8x_2$	0.97
Contenido de Humedad	$= 3.6 + 0.7x_1 + 0.42x_1^2 + 0.26x_2$	0.88
Porcentaje de Pérdida de peso	$= 21.39 + 0.75x_1^2 + 0.68 x_2$	0.6
Contenido de Cenizas	$= 1.24 + 0.3x_1 + 0.063 x_2 - 0.044x_1 x_2$	0.9
Diámetro/altura	$= 4.75 - 0.311 x_2 - 0.22 x_2^2$	0.63

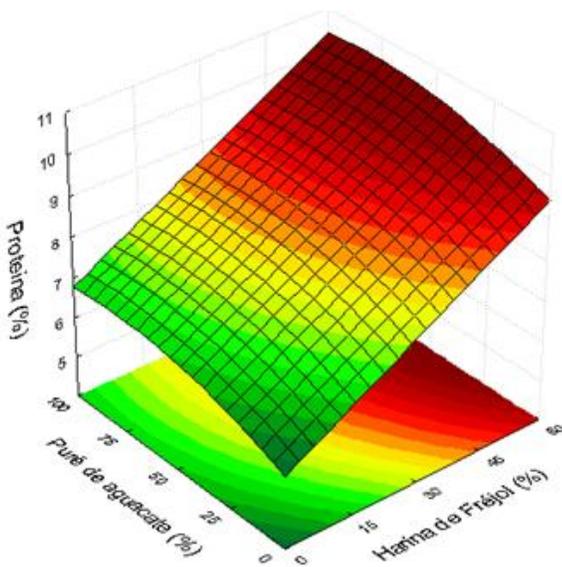


Figura 1: Superficie de respuesta - contenido de proteína (%)

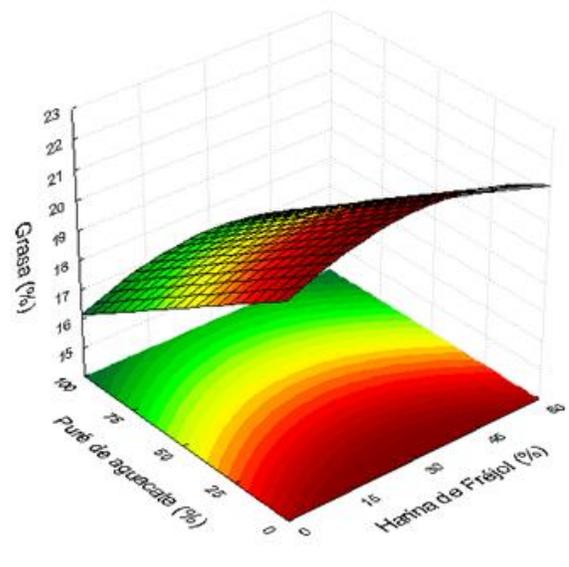


Figura 2: Superficie de respuesta - contenido de grasa (%)

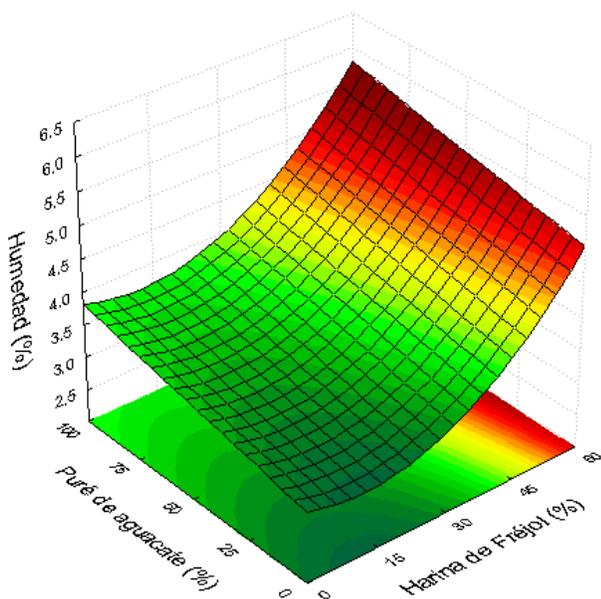


Figura 3: Superficie de respuesta - contenido de humedad (%)

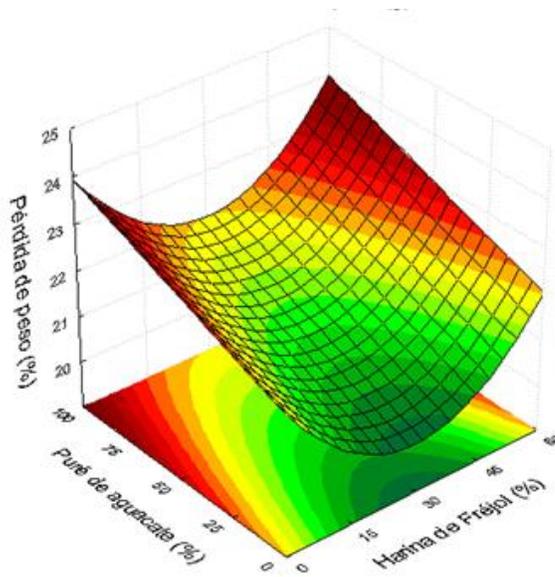


Figura 4: superficie de respuesta - pérdida de peso (%)

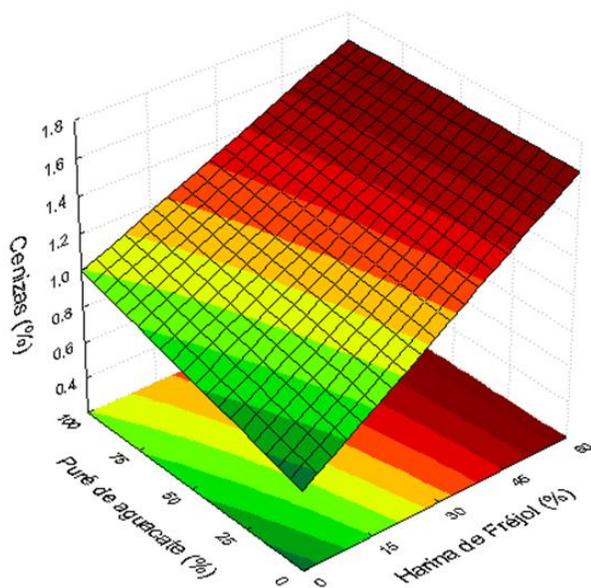


Figura 5: Superficie de respuesta - Contenido de Cenizas (%)

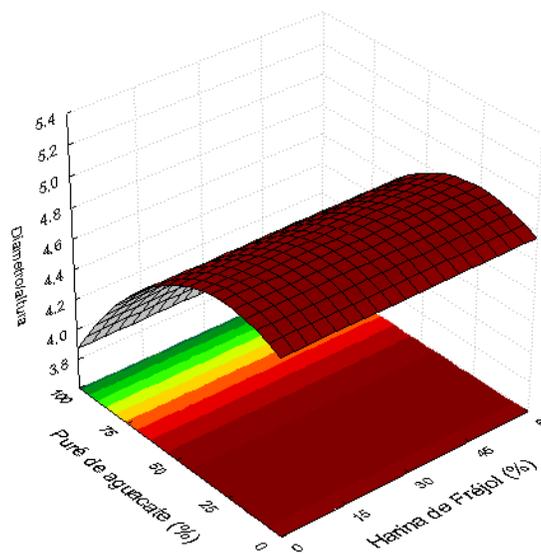


Figura 6: Superficie de respuesta - Diámetro/Altura

4.1 Contenido de proteína

El contenido de proteína varió de 6.69 ± 0.005 g/100g a 10.45 ± 0.24 g/100g, siendo el tratamiento 6 (60% harina de fréjol, 50%, puré de aguacate) el de mayor porcentaje de proteína (10.45g/100g en promedio) en base seca (Tabla 5), lo cual concuerda con Frota y otros (2010) quienes indicaron que en la preparación de galletas chocochips y de masa para enrollados dulces a base de harina de trigo con sustitución de la leguminosa *Vigna unguiculata* L. Walp, a mayor grado de sustitución de harina de la harina trigo por harina de leguminosa existió mayor contenido de proteína en la mezcla final. Según la USDA (2019), la cantidad de proteína en el trigo suave es de 9.61% y de arroz es de 6.6 – 8.4 %; en ambos casos se encuentran en menor cantidad que en los fréjoles rojos cuyo nivel de proteína es 25.3 % y en otras variedades hasta del 30% (Hayat, Ahmad, Masud, Ahmed, & Bashir, 2014).

También, el modelo matemático (Tabla 6) y superficie de respuesta (Figura 1) mostraron que la sustitución de harina de arroz por harina de fréjol influye en el valor de proteína cuantificada en el producto final, lo que concuerda con el estudio realizado por Frota y otros (2010). Este modelo es una ecuación cuadrática dada por la interacción lineal del fréjol y la interacción lineal y cuadrática del puré de aguacate, en donde se observó que la harina de fréjol influyó cuatro veces más en el porcentaje de proteína final que el puré de aguacate. Además, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.99039 lo que indica que los datos aseguran el modelo.

También se puede observar que el puré de aguacate afecta la cantidad de proteína en el producto final, y que esta sustitución generó curvatura en el modelo matemático; es decir el punto máximo de proteína se encuentra dado por la cantidad de puré de aguacate en la

formulación, al disminuir este componente se generó el pronunciamiento de la curva. El puré de aguacate, este presenta 2% de proteína en su composición (FDA, 2019), mientras que la mantequilla presenta 0% (FDA, 2019). Además, coincide en el estudio realizado sobre muffins donde se reemplazó mantequilla de origen vacuno por puré de aguacate, resultando en que las formulaciones con mayor reemplazo de puré de aguacate presentaron mayor proteína que la control elaborada solo con mantequilla (Othman, Abdul Manaf, Harith, & Wan Ishak, 2018).

4.2 Contenido de grasa

El contenido de grasa varió entre 17.36 ± 0.21 % y 22.58 ± 0.13 % en base seca, siendo el tratamiento 7 (30% de harina de fréjol; 0% de puré de aguacate) el de mayor contenido de grasa (Tabla 5); Othman y otros autores (2018) autores mencionaron que, al reducir el contenido de mantequilla para aumentar el nivel de aguacate en los tratamientos, se redujo el contenido de grasa final en el producto

El modelo matemático presentado en la Tabla 6 indica que el contenido de grasa es influenciado principalmente por la presencia de aguacate en la formulación; en la superficie generada (Figura 2) se observa cómo se redujo la variable de respuesta a medida que aumentó el reemplazo por aguacate. Se generó un punto máximo de nivel de grasa cuantificada en la presencia de fréjol, lo que coincide con la fórmula 7(30% de harina de fréjol; 0% de puré de aguacate); el resultado se relaciona con los datos acerca del contenido de lípido del fréjol *Phaseolus vulgaris, L.* que puede ser hasta del 2%, siendo mayor que en la harina de arroz (0% -1%) según la FDA (2019).

4.3 Contenido de Humedad

Los valores de humedad variaron en la experimentación de 3.15 ± 0.03 % hasta 5.88 ± 0.05 % (Tabla 5) siendo el tratamiento 6 (60% harina de fréjol, 50%, puré de aguacate) el que presentó mayor contenido de humedad. En el modelo matemático presentado se observa que la adición de harina de fréjol como la sustitución por aguacate afectaron significativamente el contenido de humedad. Es un modelo cuadrático dado por la adición de harina de fréjol.

Con respecto al aguacate, Othman y otros (2018) mencionaron que las formulaciones con reemplazo de grasa por puré de aguacate presentaron mayor contenido de humedad debido a que esta fruta contiene entre el 73% de humedad (FDA, 2019), mientras que la mantequilla debe tener un máximo de humedad del 16% (NTE INEN 161) (INEN, 2011).

La superficie de respuesta del contenido de humedad (Figura 3) muestra el aumento del agua en el producto final a medida que aumentó los contenidos de fruta y leguminosa en la formulación.

4.4 Pérdida de peso

Los valores de pérdida de peso variaron en la experimentación de 20.85 ± 1.14 % hasta 24.67 ± 0.69 % (Tabla 5) siendo el tratamiento 7 el que presentó menor pérdida de peso después de la cocción, y el tratamiento 4 tuvo mayor pérdida de peso. El modelo matemático (Tabla 6) muestra una ecuación cuadrática, en donde la sustitución de harina de fréjol a nivel lineal no influyó en la pérdida de peso, acorde con Santos (2017) acerca del comportamiento de combinación de harina de fréjol y de arroz para la elaboración de galletas; y una influencia positiva lineal por el reemplazo de mantequilla por puré de aguacate.

El horneado es un proceso industrial en donde se realiza la cocción por pérdida de humedad (Kotoki & Deka, 2010), por lo anterior, la pérdida de peso está relacionada directamente con la formulación del tratamiento, la cantidad de agua en las materias primas y la pérdida de humedad después del horneado. El tratamiento 4, ya indicado, presentó mayor pérdida de peso ya que contiene 85.36% de puré (73% de humedad), y menor mantequilla (16% humedad).

La superficie de respuesta (Figura 4) es cuadrática e indica un valor mínimo en el eje de la harina de fréjol, lo que concuerda con el modelo matemático (Tabla 6) y el aumento de esta variable a medida que se reemplazó la grasa por más aguacate.

4.5 Cantidad de Cenizas

La cantidad de cenizas en materia seca del producto resultante corresponde al contenido de minerales y elementos traza presentes en la muestra (Fernades, Nishida, & da Costa Proenca, 2010). La cuantificación varió desde $1.68 \pm 0.016\%$ hasta $0.74 \pm 0.02\%$ (Tabla 5) siendo el tratamiento 4 con mayor contenido de cenizas y el tratamiento 1 el de menor. El modelo matemático indica una ecuación lineal, con influencia positiva del reemplazo de harina de arroz por harina de fréjol, de mantequilla por puré de aguacate y la influencia negativa de la interacción entre ambos factores en la cantidad de minerales. Esto concuerda con las referencias, ya que estudios de cuantifican que la variedad fréjol rojo (“*small red bean*”) de la especie *Phaseolus vulagris*, L. contiene 1.87 % de minerales (Wang, Hatcher, Tyler, Toews, & Gawalko, 2010) mientras que la especie *Oryza sativa* contiene 0.23% de minerales (Nascimento, y otros, 2014), por lo que el reemplazo entre estas dos materias primas afecta el contenido final de minerales. La fórmula 6 presentó el segundo mayor contenido de cenizas ($1.64 \pm 0.08\%$), siendo el tratamiento con el mayor reemplazo de fréjol.

La ecuación señala que la interacción entre ambos tratamientos influyó negativamente, lo cual se puede observar en la superficie de respuesta (Figura 5), ya que el punto máximo de la función se encuentra cuando el reemplazo de fréjol y de puré de aguacate es máximo. La sustitución por aguacate influyó en la variable de respuesta debido a que el contenido de cenizas en la fruta es de (1.66% aproximadamente) (Dreher & Davenport, 2013) y en la mantequilla tiende a ser cero (FDA, 2019). La interacción entre los dos componentes disminuyó la cantidad de cenizas en el producto final (Tabla 6)

4.6 Diámetro /altura

La tasa de expansión (diámetro/altura), varió de 3.92 ± 0.26 a 5.28 ± 0.38 (tabla 5), siendo el tratamiento 3 el de mayor tasa y el tratamiento 8 el de menor. El modelo matemático (Tabla 6) es una ecuación cuadrática (presenta curvatura) donde la sustitución de mantequilla por puré de aguacate influyó negativamente (lineal y cuadrática) en esta variable de respuesta. No existió influencia de la sustitución por harina de fréjol.

Acorde a lo citado por Dreher y Davenport (2013) el contenido de grasa del aguacate es 15.4%, mientras que el de la mantequilla es de 78% (USDA, 2019). Los resultados de la ecuación y de la superficie de respuesta (figura 6) indican que la curvatura se da por la influencia de la sustitución del aguacate, generando un punto máximo cuando la sustitución del aguacate es baja, ya que al aumentar el aguacate aumenta el diámetro y disminuye la altura. El aumento de la tasa de expansión resultó por la disminución de la mantequilla porque en el momento del encremado la incorporación de aire fue menor al sustituir la mantequilla; este proceso sólo ocurre en el momento de batido y con productos de alto contenido graso (Delcour & Hosney, 2010), el resultado fue menor incorporación de aire y mayor altura/menor diámetro del producto final.

4.7 Actividad acuosa

La actividad de agua varió desde 0.32 ± 0.002 hasta 0.43 ± 0.01 , esto es esperado ya que el horneado es un proceso de cocción en el cual se pierde humedad por evaporación. El agua residual podría estar ligada a otros componentes como fibras y proteínas (Kaur, Sharma, Kumar, Kaur, & Gat, 2017). Los factores en estudio no afectaron a la actividad acuosa del producto final (Anexo1, Tabla 18).

4.8 Optimización

Tabla 7: Optimización

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
A (Valor codificado)	0.77	1.37	0.94
B (Valor Codificado)	1.02	0.91	1.4142
Deseabilidad	0.71	0.94	---

Tabla 8: Análisis proximal tratamientos optimizados.

	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
%Proteína	8.71	9.82	8.37
%Grasa	23.97	23.64	22.48
%H	3.21	3.35	3.93
D/A	4.22	4.66	4.34
Aw	0.35	0.382	0.386
Cenizas	1.66	1.71	1.58

Los tratamientos fueron optimizados con el programa *Design Expert*, siendo estos tratamientos con mayor deseabilidad según las condiciones requeridas. Además, se agregó un tercer tratamiento que asegura la relación 3:1 (cereal: leguminosa) y con reemplazo completo de puré de aguacate por mantequilla.

4.9 Evaluación sensorial

En las tablas 9 – 12 se presentan los análisis de varianza (ANOVA) de los atributos de sabor, dureza, apariencia y aceptación global. Sensorialmente existe diferencia significativa entre los tratamientos optimizados en dureza, apariencia y aceptación global.

Tabla 9: Análisis de Varianza – Sabor.

Fuentes de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor - p
Juez	63	184.646	2.931	0.00
Muestra	2	4.26	2.13	0.177
Error	126	153.073	1.215	
Total	191	341.979		

Tabla 10: Análisis de varianza- Dureza

Fuentes de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor - p
Juez	63	214.37	3.403	0.00
Muestra	2	12.09	6.047	0.008
Error	126	153.24	1.216	
Total	191	379.7		

Tabla 11: Análisis de Varianza - Apariencia

Fuentes de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor - p
Juez	63	188.54	2.993	0.00
Muestra	2	10.12	5.062	0.035
Error	126	184.54	1.465	
Total	191	383.2		

Tabla 12: Análisis de Varianza - Global

Fuentes de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor - p
Juez	63	130.583	2.0728	0.000
Muestra	2	8.948	4.474	0.009
Error	126	1116.385	0.9237	
Total	191	255.917		

Tabla 13: Evaluación sensorial – Sabor.

Tratamiento	Sabor*
1	5.48±1.14
3	5.36±1.4
2	5.13±1.45

*Medias ± desviación estándar

Tabla 14: Evaluación sensorial - Dureza, apariencia, global.

Tratamiento	Dureza*	Apariencia*	Global*
1	5.89±1.22 ^a	5.14±1.31 ^a	5.56±0.99 ^a
3	5.66±1.51 ^{ab}	4.86±1.46 ^{ab}	5.20±1.32 ^{ab}
2	5.28±1.43 ^b	4.58±1.45 ^b	5.05±1.09 ^b

* Medias ± desviación estándar; medias seguidas de por lo menos una misma letra no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey.

Con respecto al sabor (Tablas 9 y 13), no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($P > 0.05$); y se ubicaron entre “*Me gusta levemente*” y “*me gusta moderadamente*”. El estudio sensorial en galletas choco chip con harina de fréjol (Bassinello, Carvalho, Araújo, Almeida, & Cobucci, 2012) indicó que las formulaciones con 30% y 50% de reemplazo de harina de arroz por harina de fréjol tampoco presentan diferencia significativa con jueces de edad universitaria. Por otro lado, muffins con reemplazo de grasa por puré de aguacate presentaron una media de aceptabilidad alta que disminuía a medida que aumentaba el reemplazo de grasa por puré de aguacate. Las tres muestras probadas por los jueces contenían reemplazo de grasa mayor al 80% y no encontraron diferencia entre ninguno de los tres tratamientos (Othman, Abdul Manaf, Harith, & Wan Ishak, 2018).

Los tratamientos 1 (46.33% harina de fréjol; 86.06% puré de aguacate) y 2 (59.06% harina de fréjol; 82.17% puré de aguacate) ($P < 0.05$) mostraron diferencia significativa mientras que el tratamiento 3 (40% harina de fréjol; 100% puré de aguacate) fue igual tanto al tratamiento 1 como al 2 (Tabla 14). Los tratamientos 1 y 3 estaban formulados con mayor reemplazo de puré de aguacate lo cual afecta la textura y la miga, y consecuentemente la dureza del producto final (Othman, Abdul Manaf, Harith, & Wan Ishak, 2018).

En apariencia, las agrupaciones fueron las mismas (Tabla 14). Los comentarios realizados por los panelistas con respecto a la apariencia correspondían al color y a la forma de las galletas. Los colores oscuros de las galletas daban la impresión de quemado, pero luego de la degustación mencionaban que no sentían el sabor a quemado. El color se debe a la presencia del aguacate y de la harina de fréjol; en el estudio llevado a cabo por Othman y

otros (2018) se enmascaró el color con chocolate y frutas para evitar errores en los consumidores al momento de evaluar.

Con respecto a la aceptabilidad general las tres muestras presentan una media que se encuentra entre el “*Me gusta levemente*” y “*me gusta moderadamente*”, mostrando una diferencia entre las medias de los tres tratamientos. El tratamiento 1 (46.33% harina de fréjol; 86.06% puré de aguacate) fue significativamente distinto con respecto al tratamiento 2 (59.06% harina de fréjol; 82.17% puré de aguacate), y compartió agrupación con el tratamiento 3 (40% harina de fréjol; 100% puré de aguacate); el tratamiento 3 también compartió agrupación con el tratamiento 2 (Tabla 14). Este resultado presentado coincide con los resultados de Frota y otros autores (2010) en donde a mayor nivel de reemplazo de harina de arroz por harina de leguminosa disminuyó la aceptación general. Esto se debe a que las características generales de las galletas depositadas de este estudio fueron distintas a las tradicionales donde prevalecen sabores como mantequilla o chocolate y trigo como la materia prima.



Figura 7: Histograma por género – Sabor.

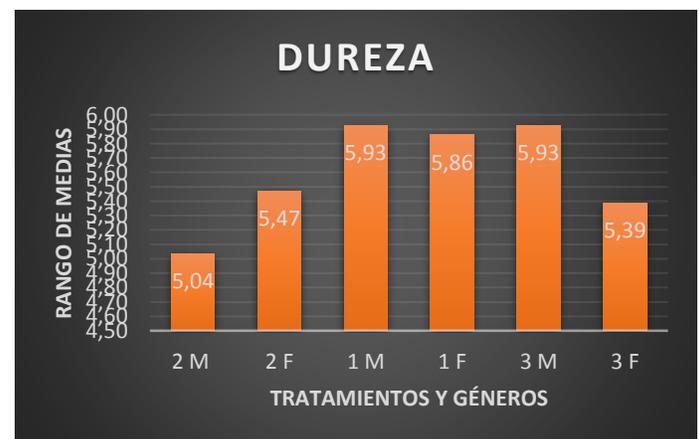


Figura 8: Histograma por género - Dureza.

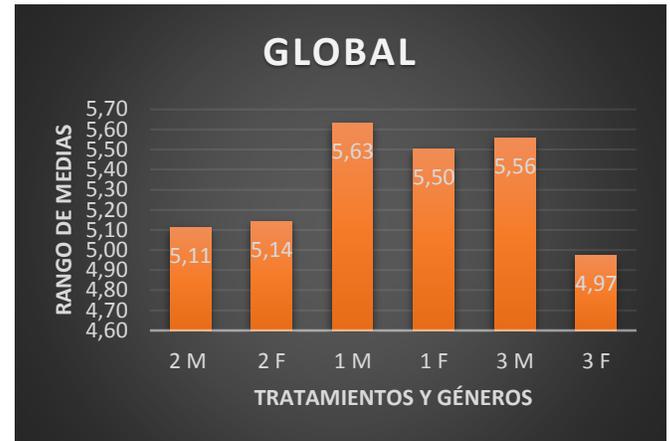


Figura 109: Histograma por género - Apariencia. **Figura 910:** Histograma por género - Aceptación Global.

En la prueba sensorial participaron 36 mujeres y 28 hombres entre 17 y 25 años. En el análisis por género de cada uno de los atributos se pueden observar diferencias en las medias aritméticas de los tratamientos en los atributos analizados y en la aceptación global de los tratamientos.

Al analizar el sabor (Figura 7), la respuesta de los hombres tuvo una media aritmética mayor que las mujeres; esto está directamente relacionado con el tipo de comida que les gusta y buscan las mujeres. En estudio realizado acerca de “*comfort food*” terminología en inglés que engloba comida como snacks, galletas y chocolates, se concluyó que los hombres prefieren comida dulce más que las mujeres. Además, las mujeres tienden a buscar comida tipo chocolate y de menor calidad nutricional que los hombres, por lo cual marcan bajo en sabor. Al estar todos los jueces en el mismo rango de edad, es apropiado discutir que los jóvenes gustan del sabor dulce intenso (Wansink, Cheney, & Chan, 2003) propio de las

galletas. La media más alta correspondió a la formulación con menor sustitución de harina de fréjol y disminuyó a medida que aumentaba esta sustitución (tratamiento 3, 40% fréjol), los panelistas masculinos no gustaron del sabor proporcionado por la harina de fréjol. En el estudio realizado por Othman y otros (2018), la aceptabilidad de los productos disminuyó a medida que aumentó el reemplazo por puré de aguacate ajustándose con las jueces mujeres que aceptaron menos las galletas con el mayor contenido de aguacate.

La dureza, analizado como atributo de textura (Figura 8) muestra que existe diferencia entre los géneros al momento de analizar. Los hombres calificaron más alto la dureza del producto en los tratamientos 1 (46.33% harina de fréjol; 86.06% puré de aguacate) y 3, mientras que en el tratamiento 2 (59.06% harina de fréjol; 82.17% puré de aguacate) la media aritmética mayor fue la de las mujeres. Estudios acerca de la apreciación de la textura en diferentes productos mencionan que efectivamente, la textura, es un atributo que presenta diferencia entre los géneros (Michon, O'Sullivan, Delahunty, & Kerry, 2009). En productos cárnicos, los atributos de textura fueron evaluados sin mayor diferencia entre los hombres, mientras que las mujeres prefirieron carnes más suaves; por lo anterior, en esta evaluación las mujeres muestran menor aceptabilidad para la dureza de este producto (Kubberod, Ueland, Rodbotten, Westad, & Risvik, 2002).

El atributo de apariencia de las galletas también presentó diferencia entre hombres y mujeres. La media aritmética mayor fue la del tratamiento 1 (46.33% harina de fréjol; 86.06% puré de aguacate) otorgada por el género femenino que correspondió al de menor contenido de fréjol y contenido medio de aguacate entre las tres muestras presentadas. La apariencia es un factor fundamental en la comercialización de productos. Resulta del conjunto de propiedades como tamaño, forma y color. Las panelistas mujeres ponderaron con mayor

valor la muestra 1 (46.33% harina de fréjol; 86.06% puré de aguacate) y la muestra 2 (59.06% harina de fréjol; 82.17% puré de aguacate) y los hombres solo otorgaron mayor valor a la muestra 3 (40% harina de fréjol, 100% puré de aguacate) con respecto a las mujeres.

La aceptación de la apariencia depende de la edad y estado de las personas (Weaver & Brittin, 2001). Está demostrado que mujeres en etapas fértiles escogen diferentes tipos de alimentos que mujeres que no se encuentran en procesos como ovulación o menstruación (Saad & Stenstrom, 2012). Estos aspectos afectan la percepción de la apariencia. Además, tan solo el 33.3% de los hombres comentaron algo relacionado con la apariencia mientras que del total de panelistas mujeres sólo lo hizo el 42.1 %. Los panelistas varones mencionaron el 77.78% de sus comentarios acerca del sabor y dejaron de segundo plano la apariencia. En el caso de las panelistas, también la apariencia se encontró en segundo plano con respecto al sabor, siendo el 61.1% de los comentarios.

En la aceptación global las mujeres prefirieron las formulaciones 1 y 2 (59.06% harina de fréjol; 82.17% puré de aguacate) sobre la 3, lo que concuerda con los resultados sensoriales de Onthman (2018), estudio en el cual los panelistas prefirieron las magdalenas con menor sustitución de grasa por puré de aguacate que las que contenían mayor sustitución. Los hombres, respondieron de manera distinta, prefiriendo de forma global las muestras con mayor contenido de puré de aguacate. Las mujeres prefirieron de forma global el tratamiento con un nivel medio de harina de fréjol entre los tres tratamientos; mientras que el de menor aceptación fue el de menor contenido de este factor. Por último, el tratamiento más aceptado por los hombres fue el tratamiento 1 (menor contenido de harina de fréjol) y el de menor aceptación el tratamiento 2 (mayor contenido de harina de fréjol), lo cual coincide con los estudios presentados por Frota y otros autores (2010).

5. RECOMENDACIONES

Para investigaciones posteriores sería importante analizar el perfil lipídico de las galletas por medio de cromatografía líquida (HPLC) para conocer los porcentajes y proporciones de los ácidos grasos presentes en el producto final. También realizar perfil de aminoácidos esenciales para asegurar la proteína completa.

Sería importante analizar, por pruebas físico – químicas, el estado de madurez de la materia prima (aguacate) para mantener un estándar.

También se debería incluir procesos como remojo o germinación para asegurar la eliminación de factores antinutricionales como inhibidores de tripsina y aumentar el nivel proteico del producto final. Ambos procesos bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y otros factores para no alterar la experimentación.

6. CONCLUSIONES

Se desarrollaron galletas libres de gluten a base de harina de arroz con sustitución de harina de fréjol y con puré de aguacate. Se analizaron las características fisicoquímicas y con ayuda de la función de deseabilidad se encontró el tratamiento más óptimo.

Los resultados sensoriales indicaron que existió diferencia entre los tratamientos 1 y 2 optimizados en los atributos de dureza, apariencia y aceptación global; mientras que en sabor no presentaron diferencia.

A partir de la experimentación realizada y de los modelos matemáticos obtenidos se observó que el reemplazo de harina de arroz por harina de fréjol influyó significativamente en el contenido de proteína, grasa, humedad, cantidad de minerales y pérdida de peso. El

reemplazo de grasa por puré de aguacate influyó en las mismas variables de respuesta y en la tasa de expansión.

7. REFERENCIAS

- Arias - Nava, E., Ríos - Lira, A., Vázquez - López, J., & Pérez - González, R. (2015). Estudio comparativo entre los enfoques de diseño experimental robusto de Taguchi y tradicional en presencia de interacciones de control por control. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(1), 131 - 142. doi:[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)72114-1](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)72114-1)
- Bassinello, P., Carvalho, R., Araújo, M., Almeida, R., & Cobucci, R. (2012). Potencial de aproveitamento de farinhas de quirera de arroz e bandinha de feijão em biscoitos tipo cookie. . *Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico*.
- Carvalho, A., Bassinello, P., Mattietto, R., Carvalho, R., Rios, A., & Seccadio, L. (2012). Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. *Brazilian Journal of Food Technology*., 15(1), 72 - 83.
- de Luis, D. A., de la Fuente, B., Izaola, O., Conde, R., Gutiérrez, S., Morillo, M., & Teba Torres, C. (2011). Double blind randomized clinical trial controlled by placebo with an alpha linoleic acid and prebiotic enriched cookie on risk cardiovascular factor in obese patients. *Nutrición Hospitalaria*, 26(4), 827 - 833. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309226773024.pdf>
- Delcour, J., & Hosney, R. (2010). *Principles of Cereal Science and Technology* (Tercera ed.). St. Paul: AACC International.
- Dreher, M., & Davenport, A. (2013). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and nutrition*, 53(7), 738 - 750. Recuperado el 29 de Octubre de 2019, de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2011.556759>
- FDA. (01 de Abril de 2019). *Food Data Central*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/341528/nutrients>
- FDA. (4 de Abril de 2019). *FOOD Data Central*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/442117/nutrients>
- Fernades, A., Nishida, W., & da Costa Proenca, R. (Julio de 2010). Influence of soaking on the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the soaking water: a review. *International Journal of food Science and Technology*, 2209–2218. doi:/doi/pdf/10.1111/j.1365-2621.2010.02395.x

- Fernandez, A., Rojas, E., García, A., Mejía, J., & Bravo, A. (2016). Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Revista Científica*, 26(2), 71 - 79.
- Frota, K., Morgano, M., da Silva, M., da Mota Araújo, M., & dos Reis Moreira - Araújo, R. (2010). Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na elaboração de produtos de panificação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1). Recuperado el 22 de Octubre de 2019, de <http://www.scielo.br/pdf/cta/2009nahead/3183.pdf>
- Frota, K., Morgano, M., da Silva, M., da Mota Araujo, M., & dos Reis Moreira Araujo, R. (2010). Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na elaboração de produtos de panificação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1), 44 - 50. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009005000003>.
- Green, P., & Celier, C. (25 de Octubre de 2007). Celiac Disease. *The New England Journal of Medicine*, 357(17), 1731 - 7143.
- Guillot, C. (2015). Las enfermedades de Baja Prevalencia y la enfermedad Celiaca. *Gastronhup*, 17(3S1), S40 - S44. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/gastrohup/article/view/1315>
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(5), 580 - 592. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
- Hill, I., Fasano, A., Schwartz, R., Glock, M., & Horvath, K. (2000). he prevalence of celiac disease in at-risk groups of children in the United States. *The Journal of pediatrics*, 86 - 90. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022347600900556>
- INEN. (2011). NTE INEN 161. *Mantequilla Requisitos, Segunda*. Ecuador.
- Kaur, P., Sharma, P., Kumar, V., Kaur, J., & Gat, Y. (2017). Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Recuperado el 29 de abril de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X17302710>
- Kotoki, D., & Deka, S. (2010). Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *Journal of food science and technology*, 47(1), 128 - 131.

- Kubberod, E., Ueland, O., Rodbotten, M., Westad, F., & Risvik, E. (2002). Gender specific preferences and attitudes towards meat. *Food Quality and Preference*, *13*(5), 285 - 294.
- Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A., & Gianfrani, C. (2014). Cereal-based gluten-free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*, *6*(2), 575 - 590. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/nu6020575>
- Leyva - Martínez, R., Pachón, H., Chaveco - Pérez, O., Permuy-Abeleira, N., Ferraz-Tellez, Y., Caballero-Espinosa, N., & García-Sánchez, E. (Diciembre de 2010). Evaluación sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en dos comunidades cubanas. *Agronomía Mesoamericana*, *21*(2), 281 - 288.
- Lionetti, E., Gatti, S., Pulvirenti, A., & Catassi, C. (2015). Celiac disease from a global perspective. *Best practice & research Clinical gastroenterology*, *29*(3), 365-379. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S152169181500058X>
- Matusso, J., Mugwe, J., & Mucheru - Muna, M. (2012). Potential Role of Cereal-Legume Intercropping Systems in Integrated Soil Fertility Management in Small holder Farming Systems of Sub-Saharan Africa. *RUFORUM Third Biennial Conference*, (págs. 1815 - 1843). Entebbe.
- Michon, C., O'Sullivan, M., Delahunty, C., & Kerry, J. (2009). The Investigation of Gender - Related Sensitivity differences in food perception. *Journal of sensory studies*, *24*(6), 922 - 937. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00245.x>
- Nascimento, A., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A., . . . Castanheria, I. (Abril de 2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, *148*, 420 - 426. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>
- O'Donnell, K. (2016). *Manual de Producción de Panadería*. Xlibris.
- Othman, N., Abdul Manaf, M., Harith, S., & Wan Ishak, W. (2018). Influence of Avocado Purée as a Fat Replacer on Nutritional Fatty Acid, and Organoleptic Properties of Low-Fat Muffins. *Journal of the American College of Nutrition*, *37*(7), 583 - 588. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2018.1451408>

- Rai, S., Kaur, A., & Baljit, S. (Abril de 2014). Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *Journal of Food Science and Technology*, 785-789. doi:10.1007/s13197-011-0547-1
- Saad, G., & Stenstrom, E. (2012). Calories, beauty, and ovulation: The effects of the menstrual cycle on food and appearance-related consumption. *Journal of Consumer Psychology*, 22(1), 102 - 113. doi:doi:10.1016/j.jcps.2011.10.001
- Santos, R. (3 de Abril de 2019). Brasileirinho?, o biscoito de arroz e feijão. *Journal da Unicamp*. Recuperado el 21 de Abril de 2019, de <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2019/04/03/brasileirinho-o-biscoito-de-arroz-e-feijao>
- Silanikove, N., Leitner, G., & Merin, U. (2015). The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*, 7(9), 7312 - 7331. Recuperado el 29 de Abril de 2019
- Sobitec Perú. (2000). *Sobitec*. Obtenido de <http://www.sobitecperu.com/frutas-climatericas-y-no-climatericas/>
- USDA. (2019). *USDA Branded Food Products Database*. Recuperado el 29 de abril de 2019, de United States Department of Agriculture: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45254536?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=red+beans&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- Wang, N., Hatcher, D., Tyler, R., Toews, R., & Gawalko, E. (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), 589–594. doi:doi:10.1016/j.foodres.2009.07.012
- Wansink, B., Cheney, M., & Chan, N. (2003). Exploring comfort food preferences across age and gender. *Physiology and Behavior*, 79(4 - 5), 739 - 747.
- Weaver, M., & Brittin, H. (2001). Food Preferences of Men and Women by Sensory Evaluation Versus Questionnaire. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 29(3), 288 - 301. doi:doi:10.1177/1077727x01293006
- Young, V., & Pellet, P. (1994). Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *The American journal of clinical nutrition*, 59(5), 1203 - 1212. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.5.1203S>

8. ANEXOS

8.1 Análisis de varianza

Tabla 15: Análisis de varianza - cantidad de proteína.

Proteína							
ANOVA						>1	<0,1
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	p-valor
Regresión	14.50	3	4.83	240.49	3.07	78.33	0.0000002
Residuos	0.14	7	0.02				
Falta de ajuste	0.10101	5	0.02				
Error puro	0.03963	2	0.02				
Total	14.63587	10					
R ²	0.990390732	>0,60					

Tabla 16: Análisis de Varianza - Cantidad de Grasa.

Grasa							
ANOVA						>1	<0,1
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	p-valor
Regresión	27.65	2	13.83	113.33	3.11	36.44	0.000001
Residuos	0.98	8	0.12				
Falta de ajuste	0.85216	6	0.14				
Error puro	0.12389	2	0.06				
Total	28.63012	10					
R ²	0.965908281	>0,80					

Tabla 17: Análisis de varianza - Humedad

%Humedad							
ANOVA						>1	<0,1
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	P-valor
Regresión	5.49	3	1.83	16.36	3.07	5.33	0.002
Residuos	0.78	7	0.11				
Falta de ajuste	0.758604	5	0.15				
Error puro	0.024880	2	0.01				
Total	6.277497	10					
R ²	0.875191657	>0,60					

Tabla 18: Análisis de varianza - Actividad de agua.

Aw							
ANOVA						>1	<0,1
Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	P-valor
Regresión	0.00453	2	0.0022630	2.62	3.11	0.84	0.133
Residuos	0.006904	8	0.0008630				
Falta de ajuste	0.0064	6	0.0010745				
Error puro	0.0005	2	0.0002285				
Total	0.0114	10					
R ²	0.395975503	>0,80					

Tabla 19: Análisis de Varianza Diámetro/altura

DIÁMETRO/ALTURA							
ANOVA						>1	<0,1
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	p-valor
Regresión	1.07	2	0.54	6.90	3.11	2.22	0.018
Residuos	0.62	8	0.08				
Falta de ajuste	0.562219	6	0.09				
Error puro	0.058457	2	0.03				
Total	1.691909	10					
R ²	0.633150483	>0,60					

Tabla 20: Análisis de Varianza - Pérdida de peso

Pérdida de Peso							
ANOVA						>1	<0,1
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	p-valor
Regresión	7.22	2	3.61	5.79	3.11	1.86	0.028
Residuos	4.99	8	0.62				
Falta de ajuste	4.52105	6	0.75				
Error puro	0.46738	2	0.23				
Total	12.21056	10					
R2	0.591465911	>0,60					

Tabla 21: Análisis de varianza – Cenizas.

CENIZAS							
ANOVA						>1	<0,1
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F cal	F tab	Fcal/Ftab	P-valor
Regresión	0.75	3	0.25	20.11	3.07	6.55	0.001
Residuos	0.09	7	0.01				
Falta de ajuste	0.085701	5	0.02				
Error puro	0.000885	2	0.00044				
Total	0.832810	10					
R ²	0.896031508	>0,80					

8.2 Anexo Evaluación sensorial

Consentimiento informado

Yo,....., de años; mediante el presente documento, doy mi consentimiento para participar en la prueba sensorial de galletas. Conjuntamente, doy constancia de que no sufro de algún problema de salud como diabetes, problemas gastrointestinales, intolerancia a la lactosa, hipercolesterolemia.

.....

Firma

CI:

Cuestionario

Prueba de nivel de agrado

Nombre:.....Edad

Fecha:.....Sexo.....

Frente a usted tiene 3 muestras codificadas con números de 3 dígitos y un vaso con agua. Por favor, pruebe las muestras de izquierda a derecha, tome un sorbo de agua y espere alrededor de 20 segundos entre la degustación de cada muestra. Evalúe cada uno de los atributos del producto y de forma global, asignando el número correspondiente a su percepción, de acuerdo a la escala inferior.

PUNTAJE	NIVEL DE AGRADO
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta levemente
4	Ni me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta levemente
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

	SABOR	DUREZA	APARIENCIA	GLOBAL
239				
458				
657				

Comentarios:

.....

GRACIAS!