

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TITULO:

“ELABORACION DE GALLETAS FORTIFICADAS CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*), QUINUA (*Cheropodium quinoa*) Y MAIZ (*Zea mays*)”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO:

AGROINDUSTRIAL

AUTORAS:

BACH. CAPURRO LÉVANO JENNIFER MILAGRITOS

BACH. HUERTA LAUYA DENITH GABRIELA

ASESORA:

Dra. PAUCAR MENACHO LUZ MARIA

NUEVO CHIMBOTE – PERU

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

E.A.P DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU”



CARTA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

POR LA PRESENTE SE DA CONFORMIDAD A LA SUSTENTACION Y APROBACION DEL ESTUDIO DESARROLLADO EN CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE Y AL REGLAMENTO GENERAL PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL EN LA (RESOLUCION N° 471 - 2002- CU-R-UNS), DEL INFORME FINAL DE TESIS TITULADO: “ **ELABORACION DE GALLETAS FORTIFICADAS CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE KIWICHA (Amaranthus caudatus), QUINUA (Cheropodium quinoa) Y MAIZ (Zea mays)**”.

. BACH. HUERTA LAUYA DENITH GABRIELA



Dra. PAUCAR MENACHO LUZ MARIA
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

E.A.P DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU”



POR LA PRESENTE SE DA CONFORMIDAD A LA SUSTENTACION Y APROBACION DEL ESTUDIO DESARROLLADO EN CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE Y AL REGLAMENTO GENERAL PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL EN LA (RESOLUCION N° 471 - 2002-CU-R-UNS), DEL INFORME FINAL DE TESIS TITULADO: “ **ELABORACION DE GALLETAS FORTIFICADAS CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE KIWICHA (Amaranthus caudatus), QUINUA (Cheropodium quinoa) Y MAIZ (Zea mays)**”.

. BACH. HUERTA LAUYA DENITH GABRIELA

ING. JORGE DOMINGUEZ CASTAÑEDA
PRESIDENTE

Dra. PAUCAR MENACHO LUZ MARÍA
SECRETARIA

Ing. VICENTE CARRANZA VARAS
INTEGRANTE

DEDICATORIA

Al Creador Dios Todopoderoso, quien me dio la vida y fuerzas a culminar mi carrera profesional.

A mi familia porque estuvieron conmigo en todo momento. LOS QUIERO MUCHO.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por su apoyo y amor incondicional que me ayudaron a persistir mis objetivos profesionales.

A todos aquellos que colaboraron en mi formación profesional y apoyaron decididamente en la culminación de esta investigación.

A la Dra. Luz Paucar Menacho, por sus orientaciones y asesoramiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

CARTA DE CONFORMIDAD DE ASESOR	ii
CARTA DE CONFORMIDAD DE JURADO EVALUADOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. MARCO CONCEPTUAL	5
2.2.1. Definición del Producto	5
2.2.2. Características de las Galletas y factores que las Determinan	7
2.2.2.1. Dureza	7
2.2.2.2. Suavidad	7
2.2.2.3. Correosidad	8
2.2.2.4. Capacidad de Agrandamiento o expansión	9
2.2.3. Técnica de Mezcla	10
2.2.3.1. Técnica de una Etapa	10
2.2.3.2. Técnicas de Acremado	11
2.2.3.3. Técnica de Esponja	12
2.2.4. Tipos y Técnicas para darles forma	13
2.2.4.1. De Tuya	13
2.2.4.2. De Gota (soltadas)	13
2.2.4.3. Extendidas con rodillo	14
2.2.5. Preparación de moldes, horneado y enfriamiento	15
2.2.5.1. Horneado	15
2.2.5.2. Enfriamiento	16

2.2.6. Componentes Básicos de la Galleta	17
2.2.6.1. Harinas	17
2.2.6.1.1. Harina de Trigo Galletera	18
2.2.6.2. Sucedáneos del Trigo	21
2.2.6.2.1. HARINA DE KIWICHA	21
2.2.6.2.2. HARINA DE QUINUA	23
2.2.6.2.3. HARINA DE MAÍZ	24
2.3. INSUMOS	26
2.3.1. Azúcar	26
2.3.2. Grasas	27
2.3.3. Sal	28
2.3.4. Huevo	28
2.3.5. Componentes Mejorantes de galleta	30
2.3.5.1. Polvo de hornear	30
2.3.5.2. Esencia de vainilla	30
2.3.6. Material de embalaje	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. MATERIALES	33
3.1.1. Material de estudio	33
3.1.2. Insumos	33
3.1.3. Equipos	33
3.1.4. Materiales de vidrio y otros	35
3.2. MÉTODOS	36
3.2.1. Caracterización de Materia Prima	36
3.2.1.1. Caracterización de la Harina de Trigo Galletera	36
3.2.1.1.1. Composición porcentual	36
3.2.1.1.2. Amilografía brabender	36
3.2.1.1.3. Farinografía brabender	36
3.2.1.1.4. Extensografía brabender	37
3.2.1.1.5. Colorimetría	37
3.2.1.2. Caracterización de la Harina de Kiwicha	37
3.2.1.2.1. Composición porcentual	37
3.2.1.2.2. Colorimetría	37
3.2.1.3. Caracterización de Harina de Quinua	38

3.2.1.3.1. Composición porcentual	38
3.2.1.3.2. Colorimetría	38
3.2.1.4. Caracterización de Harina de Maíz	39
3.2.1.4.1. Composición porcentual	39
3.2.1.4.2. Colorimetría	39
3.2.1.5. Cómputo Químico o Scores proteico	39
3.2.2. Elaboración de Galleta	40
3.2.2.1. Formulación	40
3.2.2.2. Planeamiento experimental	40
3.2.2.3. Procedimiento para elaboración de galletas fortificadas	42
3.2.3. Evaluación de la calidad de las galletas fortificadas	45
3.2.3.1. Volumen específico	45
3.2.3.2. Color de la galleta	45
3.2.3.3. Análisis sensorial	46
3.2.3.4. Análisis estadístico	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Caracterización de las Harinas de Trigo Galletera, Kiwicha, Quinoa y Maíz.	47
4.1.1. Composición porcentual	47
4.1.2. Propiedades físicas	49
4.1.2.1. Colorimetría	49
4.1.3. Propiedades reológica de la harina de trigo	51
4.1.3.1. Farinografía	51
4.1.3.2. Extensógrafa	53
4.1.3.3. Amilografía	56
4.2. Cómputo químico de aminoácidos	57
4.2.1. Lisina	59
4.2.2. Otros aminoácidos esenciales	66
4.3. Evaluación de la calidad de las galletas	66
4.3.1. Volumen específico	66
4.3.2. Color de la corteza de la galleta	72
4.3.2.1. Luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas	73
4.3.2.2. Cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas	78
4.3.2.3. Ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas	83

fortificadas	
4.3.3. Textura instrumental	87
4.4. Evaluación sensorial	92
4.4.1. Apariencia de la corteza de la galleta	93
4.4.2. Aroma	97
4.4.3. Textura	100
4.4.4. Color	104
4.4.5. Sabor	107
4.4.6. Intención de compra	109
4.5. Determinación de efectos de las variables independientes en las respuestas estudiadas	109
4.6. Determinación de la mejor formulación	111
4.7. Determinación de región óptima	111
V. CONCLUSIONES	112
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
VII. PÁGINAS DE INTERNET	117
VIII. ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de Galletas	6
Tabla 2	Composición Fisicoquímica de la Harina de Trigo	18
Tabla 3	Composición promedio en 100 gr. de Harina de Kiwicha	22
Tabla 4	Composición promedio en 100 gr. de Harina de Quinua	23
Tabla 5	Cantidad de nutrientes en 100 gr de Harina de Maíz	24
Tabla 6	Composición del huevo en 100g, de porción comestible	29
Tabla 7	Composición Química Proximal de Sucedáneos del Trigo. Sustitución Parcial Fideos y Galletas	32
Tabla 8	Formulación patrón	40
Tabla 9	Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental DCCR 23	40
Tabla 10	Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto rotacional 23	41
Tabla 11	Composición porcentual (%) de las harinas de trigo galletera, Kiwicha, quinua y maíz	47
Tabla 12:	Valores medios de los parámetros de Luminosidad, a*, b* c* y h de las materias primas	49
Tabla 13	Características farinográficas de la harina trigo galletera	51
Tabla 14	Características extensográficas de la Harina Trigo Galletera	53
Tabla 15	Características amilográficas de la harina trigo galletera	56
Tabla 16	Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental (DCCR 23)	58
Tabla 17	Computo químico del aminoácido lisina de las galletas fortificadas	61
Tabla 18	Coeficientes de regresión para el aminoácido Lisina correspondiente al cómputo químico de las galletas fortificadas	62
Tabla 19	Análisis de varianza para la respuesta para el aminoácido Lisina de las galletas fortificadas	63
Tabla 20	Volumen específico de las galletas fortificadas	66
Tabla 21	Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de las galletas fortificadas	68
Tabla 22	Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico de las galletas fortificadas	70
Tabla 23	Color de la corteza de las galletas fortificadas de acuerdo con el planeamiento experimental	72

Tabla 24	Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de la galleta	74
Tabla 25	Análisis de varianza para la respuesta luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas	75
Tabla 26	Coeficiente de regresión para la respuesta cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas	78
Tabla 27	Análisis de varianza para la respuesta cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas	79
Tabla 28	Coeficiente de regresión para el Ángulo de Tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas	82
Tabla 29	Análisis de varianza para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas	83
Tabla 30	Textura instrumental de las galletas fortificadas	85
Tabla 31	Coeficiente de regresión para la textura instrumental de las galletas fortificadas	86
Tabla 32	Análisis de varianza para la respuesta textura instrumental de las galletas fortificadas	87
Tabla 33	Respuestas obtenidas del análisis sensorial de las galletas fortificadas	90
Tabla 34	Coeficientes de regresión para la respuesta apariencia de la corteza de las galletas	92
Tabla 35	Análisis de varianza para la respuesta apariencia de la corteza de las galletas	93
Tabla 36	Coeficientes de regresión para la respuesta aroma de las galletas	96
Tabla 37	Coeficientes de regresión para la respuesta textura de las galletas	98
Tabla 38	Análisis de varianza para la respuesta textura de las galletas	99
Tabla 39	Coeficientes de regresión para la respuesta color de las galletas	102
Tabla 40	Coeficientes de regresión para la respuesta sabor de las galletas	105
Tabla 41	Intención de compra de las galletas para cada formulación del DCCR	107
Tabla 42:	Efectos significativos de las variables independientes para todas las respuestas	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Variedad de Galletas	5
Figura 2:	Análisis de Harinas	17
Figura 3	Harina Galletera	25
Figura 4	Sucedáneos del Trigo	25
Figura 5:	Diagrama de flujo del proceso de elaboración	44
Figura 6:	Espacio de color L*C*H	50
Figura 7:	Colorímetro	50
Figura 8	Farinograma de la Harina de trigo Galletera	51
Figura 9	Extensograma de la Harina Galletera	54
Figura 10:	Amilograma de la harina de trigo galletera	56
Figura 11	Diagrama de pareto de efectos significativos para la Lisina	63
Figura 12:	Superficies de respuesta para la lisina de las galletas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	65
Figura 13:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Volumen específico	69
Figura 14:	Superficies de respuesta para el volumen específico de las galletas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	71
Figura 15:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas	74
Figura 16	Superficies de respuesta para luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	76
Figura 17:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza	78
Figura 18:	Superficies de respuesta para cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	80

Figura 19	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza	82
Figura 20	Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	84
Figura 21	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta textura instrumental	86
Figura 22	Superficies de respuesta para la textura instrumental de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de maíz (%)	89
Figura 23:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia general	92
Figura 24	Superficies de respuesta para la apariencia de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%)	94
Figura 25:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta aroma	96
Figura 26	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta textura	98
Figura 27:	Superficies de respuesta para la textura de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de maíz (%)	100
Figura 28:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta color	103
Figura 29:	Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta sabor	105
Figura 30	Intención de compra de las galletas	108

INDICE ANEXOS

ANEXO 1	Determinación de Amilografía, Farinografía, Extensografía de la harina galletera	119
ANEXO 2:	Elaboración de galletas	124
ANEXO 3	Balance de materia	129
ANEXO 4:	Análisis fisicoquímico	131
ANEXO 5:	Ficha de evaluación sensorial	137

RESUMEN

El mercado de galletas se divide en galletas dulces y saladas. Las galletas dulces tienen el 60% del mercado y el 40% las saladas. En el Perú, el mercado de galletas se caracteriza por su gran nivel de innovación y constantes lanzamientos, siendo lo más común la introducción de nuevos sabores sobretodo en el segmento de galletas dulces. El consumo per cápita de galletas de Perú alcanza los 4.1 kilos, muy cercano a Chile, solo por debajo de Argentina y Brasil, con 5 y 6.7 kilos respectivamente.

El presente estudio evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por Harina de Kiwicha (X_1), Harina de Quinua (X_2) y Harina de Maíz (X_3), de la variedad Óscar Blanco (provincia de Huaraz - Departamento de Ancash) en la elaboración de galletas fortificadas. Los resultados demostraron que la formulación 7 (6 % de Harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) fue considerada como la mejor formulación del Diseño Compuesto Central rotacional 2^3 al obtener un cómputo químico de Lisina del 97% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales. Además, goza de buena aceptación, presentando los siguientes indicadores organolépticos; apariencia general (6.8), aroma (6.4), textura (6.3), Color (6.7) y Sabor (6.5) para una escala hedónica de 9 puntos. Las formulaciones del planeamiento experimental gozan de buena aceptabilidad del público. Solo los parámetros de aroma, sabor y color no tuvieron diferencia significativa. Lo que indica que al utilizar las harinas de Kiwicha, Quinua y Maíz para beneficiar al producto final no interfiere en las características sensoriales finales.

ABSTRACT

The biscuit market is divided into cookies and crackers. The cookies have 60% market share and 40% salty. In Peru, the biscuit market is characterized by its high level of innovation and constant releases, the most common being the introduction of new flavors especially in the segment of cookies. Per capita consumption of biscuits Peru reaches 4.1 kilos, very close to Chile, second only to Argentina and Brazil, with 5 and 6.7 kilos respectively.

This study evaluated the effect of the partial substitution of wheat flour by flour Amaranth (X1), flour Quinoa (X2) and cornmeal (X3), variety White Oscar (province of Huaraz - Ancash) in the preparation of fortified biscuits. The results showed that the formulation 7 (6% of Amaranth flour, 16% quinoa flour and 24% corn flour) was considered the best formulation of Design Composite rotational Central 23 to obtain a chemical score of Lysine 97 % and 100% higher than for other essential amino acids. It enjoys good acceptance, presenting the following organoleptic indicators; general appearance (6.8), aroma (6.4), texture (6.3), Color (6.7) and Flavor (6.5) for a 9-point hedonic scale. Planning experimental formulations enjoy good public acceptability. Only parameters aroma, flavor and color had no significant difference. It is indicating that using flour Amaranth, Quinoa and corn to benefit the final product does not interfere in the final sensory characteristics.

I. INTRODUCCION

En la actualidad la seguridad alimentaria se encuentra amenazada por el aumento de la población, lo que obliga a los países a preocuparse por la seguridad alimentaria debido al ritmo de vida actual que llevan la población; hace que modifiquen sus hábitos alimentarios, puesto que la mayoría de la población se alimenta de comida chatarra lo cual afecta a su salud y en especial a los niños debido a que dichos alimentos carecen de valor nutricional (PONCÉ, 2005).

Razón por la cual el estado viene promoviendo el consumo de diferentes productos panificados con sustitución parcial de la harina de trigo por harinas sucedáneas que reúnen características apropiadas para ser utilizadas por el consumo humano; dentro de ello se encuentran los granos andinos como potenciales sustitutos como, kiwicha, Quinoa, Cebada, Centeno etc. granos con mayor rendimiento en las zonas andinas del Perú. La mejor vía para prevenir deficiencia de micronutrientes es el consumo de una dieta balanceada adecuada en cuanto a calidad y cantidad de micronutrientes (GOMEZ e IBAÑEZ, 2009).

En los años recientes, el interés del consumidor por su salud se ha venido incrementando y su experiencia en que los alimentos que consume, contribuyen a ella y más aún, que sean capaces de prevenir enfermedades, sobre todo porque factores tales como el estilo de vida, la exposición constante a factores de estrés, los cambios en los patrones dietéticos y hábitos alimenticios, así como el consumo de fármacos en particular antibióticos, afectan negativamente la salud (MARKOWITZ y BENGMARK, 2002).

La elaboración de galletas se basa en el proceso de fortificación de alimentos de consumo masivo para la población en general, con alimentos disponibles en el mercado es llamada fortificación impulsada por el mercado (FAO/WHO, 2006).

La kiwicha y quinua, son especies nativas, cuyos destacan por su alto valor nutritivo, un alto contenido de fibra dietética y una fracción rica de flavonoides que son empleados por habitantes de las comunidades campesinas de los andes, como alimento, así como por sus propiedades terapéuticas (COLLAZOS *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de kiwicha, quinua y maíz para obtener galletas con el mayor valor nutricional y mejor aceptabilidad en el consumidor. Asimismo, se determinó la composición porcentual de las harinas de trigo, kiwicha, quinua y maíz; y como también las propiedades reológicas de la harina de trigo, obteniendo galletas fortificadas de alto valor nutricional demostrado en el cómputo químico de aminoácidos. Así también se evaluó la aceptabilidad de las galletas fortificadas mediante el análisis sensorial y la intención de compra.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. ANTECEDENTES

La fabricación de galletas es un sector muy importante en la industria alimentaria, la principal atracción de la galleta es la gran variedad posible que se puedan elaborar y la oportunidad de incorporar nutrientes adicionales para agregar un valor nutritivo a estos productos. En la actualidad se ha trabajado en la elaboración de galletas enriquecidas, mejorando algunos aspectos como el contenido de fibra y proteínas principalmente (VITELA *et al.*, 2003).

Para esto se han empleado diversos ingredientes como fuente de nutrientes, tal es el caso del pescado (JIMÉNEZ, 2000), chapulín (VITELA, 2003) y las leguminosas (KISSELL y YAMAZAKI, 1975), (KISSELL y PRENTICE, 1979) y (RASCÓN *et al.*, 2003).

Según (JIMÉNEZ, 2000); en las investigaciones realizadas utilizando niveles de 3% y 5% de harina de pescado en una formulación estándar de galletas dulces, concluye que es factible el enriquecimiento de las galletas ya que se obtiene un producto con características nutritivas, y el nivel de proteínas se puede mejorar si se utiliza harina de pescado de calidad superior.

Según (VITELA, 2003), plantea la utilización de harina de chapulín para la elaboración de galletas de chocolate basándose en una receta tradicional, y obteniendo como resultado galletas con sabor igual al de cualquier galleta de chocolate, pero con un alto contenido nutricional en proteína.

En las investigaciones de leguminosas según (KISSELL y YAMAZAKI,1975), han utilizado diferentes tipos de harina de trigo comerciales y de laboratorio, y concentrados proteínicos de soya para fortalecer la harina utilizada en la elaboración de galletas dulces, teniendo como resultado un incremento en el contenido proteínico de las galletas, 37% con harina comercial, 83% con harina preparada en laboratorio y 56% con derivados de soya; las características como tamaño y consistencia de superficie y apariencia interna fueron semejantes entre ellas.

(KISSELL Y PRENTICE,1979), también emplearon el residuo de la cebada para mejorar el contenido nutricional de la harina de las galletas, a niveles de 10 a 40% (del total de la harina utilizada en la formulación de galletas); el proceso de cocción fue mejorado con la adición de 1 a 2 % de lecitina de soya, teniendo como resultado que es posible doblar el contenido proteico y el contenido de lisina e incrementar cinco veces el contenido de fibra dietética, mientras se mantienen las características físicas de la masa, por lo cual las galletas elaboradas con 20% de granos cerveceros tamizados contienen 55% más proteína y 90% más lisina que las galletas hechas con harina normal.

También se utilizó la “okara de soya” para mejorar el contenido nutricional de la harina utilizada en la elaboración de galletas. Éstos estudios fueron desarrollados por el Instituto de Agroindustrias y el Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en coordinación con el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, en donde incorporaron la okara de soya en galletas, obteniendo un contenido de proteína cruda de las galletas de 17.72%, superior al encontrado en dos tipos de galletas enriquecidas: galletas de amaranto (STOCCO y RIVEROS, 2001) y galletas de trigo y avena sabor naranja (ORANTE *et al.*, 2001).

2.2.MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Definición del Producto

En general, las galletas son productos elaborados con harina de trigo fina; se caracterizan por incluir en sus formulaciones contenidos elevados de azúcar y materia grasa, y poca o nula cantidad de agua, en comparación con el pan. La diversidad de galletas es muy amplia, por lo que la Dirección General de Normas (NMX-F-006-1983) las ha definido como “el producto elaborado con harinas de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal; adicionados o no de otros ingredientes y aditivos alimenticios permitidos, los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado”. El producto objeto de esta norma se clasifica en 3 tipos y un sólo grado de calidad cada uno.



Fuente: Dirección General de Normas Mexicanas (NMX-F-006-1983)

Figura 1: Variedad de Galletas

Tabla 1: Clasificación de Galletas

TIPO	CLASIFICACION	MATERIA GRASA
Tipo I	Galletas Finas	15% de materia grasa (laminada, realzada y de gota).
Tipo II	Galletas Entrefinas	10% de materia grasa (laminadas, realzadas, de gota y semifermentadas).
Tipo III	Galletas Comerciales	5% de materia grasa (laminadas, como las de animalitos y maría, fermentadas) y realzadas.

Fuente: Dirección General de Normas Mexicanas (NMX-F-006-1983).

De acuerdo a esta clasificación, las galletas fortificadas con harina de kiwicha, quinua y maíz, se clasifican dentro del Tipo I, por contener niveles de grasa superiores al 15%.

La mayoría de las mezclas para galletas requieren menos líquido que las fórmulas para pasteles. Las pastas para galletas van desde muy suaves hasta muy duras, a diferencia de las pastas para pasteles, que son aguadas. Esta diferencia en el contenido de humedad significa que debe haber algunas diferencias en las técnicas de mezcla, aunque los procedimientos básicos se parezcan mucho. La diferencia más obvia entre los pasteles y las galletas radica en la manera de formarlas. Como en su mayoría, las galletas se hacen y forman de una en una, implican mucho trabajo manual. Para lograr eficiencia en esta labor requiere aprender las técnicas adecuadas y practicarlas con diligencia. (Dirección General de Normas Mexicanas NMX-F-006-1983).

2.2.2. Características de las Galletas y Factores que las Determinan

Las galletas pueden ser de infinidad de formas, tamaños, sabores y textura. Las características que son deseables en algunas clases de galletas, no lo son en otras. Por ejemplo, algunas galletas deben ser duras y otras suaves. Algunas deben conservar su forma, otras se agrandan al hornearse, a fin de producir las características deseadas y corregir los defectos, es indispensable conocer bien lo que produce estas características básicas. (RODRÍGUEZ, 2011).

2.2.2.1. Dureza

Las galletas son crujientes o tostadas cuando tienen poca humedad, los factores que contribuyen a esta consistencia son los siguientes:

1. Baja proporción de líquido en la mezcla, la mayoría de las galletas crujientes se preparan con una pasta dura.
2. Alto contenido de grasa y azúcar. Una alta proporción de estos ingredientes facilita mezclar una pasta que pueda trabajarse y tenga un bajo contenido de humedad.
3. Horneado de duración suficiente para evaporar la mayor parte de humedad.
4. Tamaño pequeño o forma delgada, para que la galleta seque más aprisa durante el horneado.
5. Almacenamiento adecuado. Las galletas crujientes pueden volverse blandas cuando absorben humedad.

2.2.2.2. Suavidad

La suavidad es lo contrario de la dureza, por lo que tiene causas opuestas:

1. Alta proporción de líquido en la mezcla
2. Bajo contenido de azúcar y grasa
3. En las formulas se incluyen miel, melaza o jarabe de maíz.
Estos azúcares son higroscópicos, lo que significa que absorben fácilmente y con rapidez la humedad del aire de lo que las rodea.
4. Poco tiempo de horneado.
5. Forma grande gruesa, lo que las ayuda a retener más humedad.
6. Almacenamiento adecuado. Las galletas suaves, envejecen y secan sino se cubren o envuelven perfectamente.

2.2.2.3. Correosidad

La presencia de humedad es indispensable para que una galleta sea correosa, pero también otros factores son importantes. En otras palabras, todas las galletas correosas son suaves, pero no todas las galletas suaves son correosas.

1. Alto contenido de azúcar y líquido, pero bajo contenido de grasas.
2. Alta proporción de huevos.
3. Harina de trigo duro o gluten desarrollando durante la mezcla.

2.2.2.4. Capacidad de Agrandamiento ó Expansión

Algunas galletas deben agrandarse, pero otras deben mantener su forma. Existen varios factores que contribuyen a la expansión o conservación de la forma:

a. Azúcar

Un contenido alto de azúcar contribuye al agrandamiento. El azúcar granulado grueso aumenta la expansión, a diferencia del azúcar granulado fino o azúcar glass, que la reducen.

b. Leudantes

Si el contenido de bicarbonato de sodio o amoníaco para hornear es alto, se favorece el agrandamiento.

c. Acremado

Al acremar la grasa y el azúcar juntos, se ayuda a leudar por la incorporación de aire. Si se acrema una mezcla hasta que esté ligera, aumenta el agrandamiento. Cuando se mezcla una grasa con azúcar solo hasta formar una pasta (sin incorporarle demasiado aire), se reduce el agrandamiento.

d. Temperatura

La baja temperatura del horno aumenta el agrandamiento. La temperatura alta lo disminuye, porque la galleta endurece antes de tener ocasión de agrandarse demasiado.

e. Líquido

Una pasta aguada con alto contenido de líquido se extiende más que una pasta dura.

f. Harina

La harina fuerte o la activación del gluten disminuyen el agrandamiento.

g. Grasa en el molde

Las galletas se agrandan más cuando se hornean en moldes muy engrasados.

(RODRÍGUEZ, 2011).

2.2.3. Técnicas de Mezcla

Las técnicas para mezclar las pastas para galletas son muy similares a las de los pasteles. La principal diferencia estriba en que a las primeras generalmente se les incorpora menos líquido, lo que facilita la mezcla. Al agregar menos líquido, el gluten se desarrolla menos al mezclar los ingredientes. Además, se facilita la obtención de una pasta tersa y homogénea.

Existen tres técnicas básicas de mezcla para galletas, estas técnicas están sujetas a muchas variantes, ya que las formulas varían entre sí.

2.2.3.1. Técnica de una Etapa

Esta técnica es la contraparte de la técnica de dos etapas para los pasteles que se comentó en un capítulo anterior. Las mezclas para el pastel contienen más líquido, por lo que este se agrega en dos o más etapas a fin de lograr una mezcla uniforme. Por otro lado, las galletas con poca humedad pueden mezclarse en un solo paso. Debido a que todos los ingredientes se agregan juntos, el panadero tiene menos control sobre la mezcla con esta técnica que con otras, razón por la que no se utiliza con frecuencia. Se emplea cuando no se ocasionan grandes problemas si se trabaja la pasta en exceso, como sucede con algunas galletas correosas.

Procedimientos de la técnica de una sola capa:

1. Pese los ingredientes con precisión; todos deben estar a temperatura ambiente.
2. Ponga todos los ingredientes en la batidora, mezcle con el aditamento de paleta a baja velocidad hasta que se incorporen bien.

2.2.3.2. Técnica de Acremado

Es casi idéntica de acremado para pasteles. Puesto que para hacer galletas se requiere menos líquido, no es necesario alternar la adición de líquido con la harina, puede agregarse todo de una sola vez.

El tiempo de acremado influye en la textura de la galleta, así como en la adición leudante y el agrandamiento. Se requiere acremar solo un poco cuando la galleta debe conservar su forma, sin agrandarse demasiado. Además, si la galleta tiene mucha grasa y poco desarrollo de gluten, o si es delgada y delicada, al cremar demasiado, se desmoronará con facilidad.

Procedimientos de la técnica de acremado:

- 1.** Pese los ingredientes con exactitud; todos deben estar a temperatura ambiente.
- 2.** Ponga la grasa, el azúcar, la sal y las especias en el tazón de la batidora. Acreme estos ingredientes a baja velocidad con el aditamento de paleta. Si desea galletas ligeras, acreme hasta que la mezcla este ligera y esponjosa, a fin de incorporarle más aire para leudar. Si las galletas deben ser más densas, mezcle hasta obtener una pasta tersa, pero no acreme hasta que se vuelva ligera.
- 3.** Agregues los huevos y el líquido y mezcle a baja velocidad.
- 4.** Cierna la harina y el leudante. Mezcle solo hasta combinar los ingredientes, sin excederse porque ayudaría al crecimiento del gluten.

2.2.3.3. Técnica de Esponja

Esta técnica es similar a las técnicas de espuma de huevo para los pasteles. El procedimiento varía considerablemente, según los ingredientes que incluyen la fórmula. Los lotes deben ser pequeños porque la pasta es delicada.

Procedimiento de la técnica de esponja:

- 1.** Pese todos los ingredientes con precisión; todos deben estar a temperatura ambiente. Puede entibiar ligeramente los huevos para obtener mayor volumen, de la misma manera que para los pasteles de esponja.
- 2.** Siga el procedimiento que se indica en la fórmula que esté usando, bata los huevos (enteros, las yemas o las claras) y el azúcar hasta el punto adecuado: picos suaves para las claras, espeso y claro para huevos enteros o para yemas.
- 3.** Incorpore los ingredientes restantes como se especifica en la receta. Tenga cuidado de no batir en exceso y de no “bajar” los huevos.
(RODRÍGUEZ, 2011).

2.2.4. Tipos y Técnicas para Darles Forma

Los tipos de galletas se pueden clasificar por las técnicas que se siguen para darles forma, así como por la manera de mezclar la pasta. Posiblemente desde el punto de vista de la producción resulte más útil agruparlas según las técnicas para formarlas, ya que las técnicas de mezcla son relativamente fáciles, en tanto que los procedimientos para dar forma varían considerablemente.

Sin importar qué técnica para formar utilice, siga una regla importante: todas las galletas deben ser del mismo tamaño y grosor. Esto es fundamental para que se horneen parejos. Dado que los tiempos de horneado son tan cortos, las galletas pequeñas se quemarían antes de que las grandes se cocieran.

2.2.4.1. De Duya

Las galletas de duya se preparan con pastas suaves. Estas deben ser suficientemente suaves para pasarlas por la duya, pero bastante consistentes para que conserven su forma.

1. Ponga una punta del tamaño y forma deseados en la duya.
Llene la duya con la pasta para galletas.
2. Haga las galletas de la forma y tamaño deseados, directamente sobre charolas ya preparadas.

2.2.4.2. De Gota (soltadas)

Al igual que las galletas de duya, las de gota se preparan con una pasta suave. Por lo general esta técnica es utilizada por panaderos “gota” dejando caer la pasta de una cuchara o cucharón. Cuando se desea que las galletas tengan un aspecto tosco, como hechas en casa.

1. Seleccione el tamaño adecuado de cucharón para obtener mayor exactitud en las porciones.

2. Deje caer las galletas en la charola para hornear ya preparada, dejando suficiente espacio entre una y otra que se agranden.
3. Las galletas muy grasosas se agrandan solas, pero si la formula lo requiere, aplane los montones de la pasta ligeramente con un objeto pesado que haya sumergido en azúcar.

2.2.4.3. Extendidas con Rodillo

Las galletas hechas de masas o pastas duras, que se extienden con el rodillo antes de cortarlas, no se preparan con tanta frecuencia en las panaderías y servicios de comedor como en los hogares, ya que requieren mucho trabajo. Además, siempre quedan sobrantes después de cortarlas que, al extenderse y cortarse de nuevo, producen galletas duras de calidad inferior. La ventaja de esta técnica es que le permite hacer galletas con una gran variedad de formas para distintas ocasiones.

1. Refrigere bien la pasta.
 2. Extienda la pasta sobre una tela de cáñamo enharinado hasta que tenga 3 mm (1/8 de pulg) de grueso. Espolvoree con la menor cantidad posible de harina, para no endurecer las galletas.
 3. Forme las galletas con cortadores. Acomódelas en charolas para hornear ya preparadas. Corte las piezas lo más cerca posible unas de otras para reducir los recortes. Revuelva pasta fresca con los recortes a fin de disminuir la dureza.
 4. Para fiestas u ocasiones especiales, las galletas cortadas ya horneadas se adornan frecuentemente con glaseados de colores (glasa real, cobertura sencilla o fondant).
- (RODRÍGUEZ, 2011).

2.2.5. Preparación de moldes, horneado y enfriamiento

1. Utilice charolas limpias, sin abolladuras.
2. Las galletas con alto contenido de grasa se pueden hornear en charolas sin engrasar.

2.2.5.1. Horneado

1. En su mayoría, las galletas se hornean a temperaturas relativamente altas durante poco tiempo.
2. Una temperatura muy baja aumenta el agrandamiento, y puede producir galletas pálidas, secas y duras.
3. Una temperatura muy elevada disminuye el agrandamiento, y puede quemar las orillas o la parte inferior de las galletas.
4. Las galletas se pueden quemar con solo un minuto de horneado excesivo, así que vigíelas cuidadosamente. Además, el calor de la charola sigue cocinando las galletas si se dejan en ella después de sacarla del horno.
5. El color es la mejor indicación de que las galletas ya están cocidas. Las orillas y parte inferior apenas deben empezar a dorarse.
6. Un dorado excesivo no es conveniente, sobre todo si las galletas son de pasta coloreada. El dorado de la superficie oculta el color.
7. Las bases quemadas de la galleta son un problema común cuando se trata de pastas grasosas. En estos casos, *utilice doble charola*; encime dos charolas del mismo tamaño, y acomode las galletas en la de arriba.

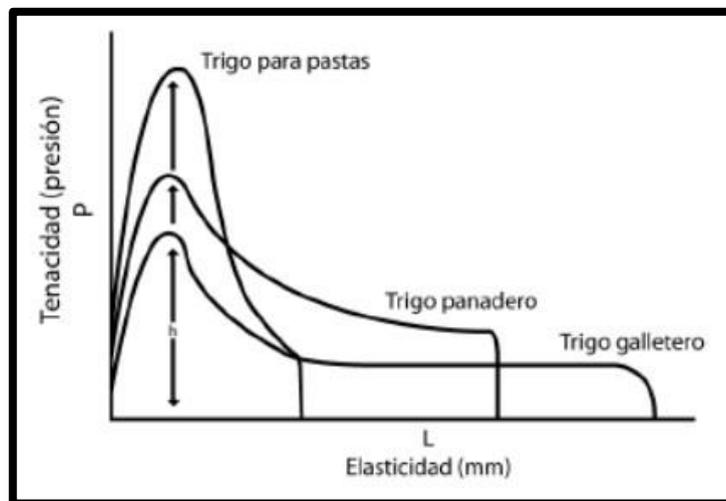
2.2.5.2. Enfriamiento

1. La mayor parte de galletas que se hornean sin papel de silicón se deben quitar de los moldes mientras todavía están calientes, ya que de otro modo se pegan.
2. Si las galletas están muy suaves, no las quite de los moldes hasta que se enfríen lo suficiente y estén bastante firmes para manejarlas. Algunas galletas son muy suaves cuando están calientes, pero se vuelven crujientes al enfriarse.
3. No enfríe las galletas muy aprisa ni las exponga a corrientes de aire porque pueden cortearse.
4. Las galletas deben estar completamente frías antes de almacenarlas.
(RODRÍGUEZ, 2011); (CABEZA, 2009).

2.2.6. Componentes Básicos de la Galleta

2.2.6.1. Harinas

Las harinas blandas son indispensables para la elaboración de galletas, estas harinas se obtienen normalmente a partir de los trigos blandos. Su contenido proteico es normalmente inferior al 10%. La masa que se obtiene es menos elástica y menos resistente al estiramiento que la masa obtenida con harina fuerte (más del 10% de proteínas). Las proteínas del gluten pueden separarse en función de su solubilidad. Las más solubles son las gliadinas, que constituyen aproximadamente la tercera parte del gluten y contribuye a la cohesión y elasticidad de la masa, masa más blanda y más fluida. Las dos terceras partes restantes son las gluteninas, contribuyen a la extensibilidad, masa más fuerte y firme (CABEZA, 2009).



Fuente: Brabender, Reología de Harinas Sistema de 3 Fases (2012).

Figura 2: Análisis de Harinas.

2.2.6.1.1. Harina de Trigo Galletera

Para la elaboración de esta harina, se utilizan trigos suaves, los cuales se caracterizan por poseer una granulometría muy fina, bajo nivel de cenizas, color blanco intenso, bajo contenido proteico, sus características reológicas brindan mayor extensibilidad y mínima tenacidad.

En general, salvo excepciones, las harinas galleteras suelen ser flojas, con poco gluten y muy extensibles. El contenido en proteínas que tienen usualmente es del 8 a 9%, cuando el tipo de galleta a elaborar es quebradiza y semidulce, mientras que para aquellas otras galletas esponjosas y bizcochos o aquellas otras que en su formulación contienen algo de levadura prensada, el porcentaje de proteínas es de entre 9 y 10%.

Tabla 2: Composición Fisicoquímica de la Harina de Trigo

COMPONENTE	MÍNIMO	MÁXIMO
Humedad (%)		14.5
Cenizas (% base seca)		0.71
Acidez (% en H ₂ SO ₄)		0.10
Hierro (mg/kg de harina)	55.0	
Tiamina (mg/kg de harina)	5.0	
Riboflavina (mg/kg de harina)	4.0	
Niacina (mg/kg de harina)	48.0	
Ácido fólico (mg/kg de harina)	1.2	

Fuente: Ficha Técnica Molinera Inca, 2013.

La harina obtenida con rendimiento de molienda más elevado, presenta un más alto contenido en proteínas, en lípidos, calcio, fosforo, hierro, vitaminas B1 y B2 y una menor proporción en glúcidos y por tanto en calorías (MOLINERA INCA, 2013).

Otra consecuencia de la molienda, además de las ya citadas variaciones en la composición química respecto al trigo, es su acción sobre los gránulos de almidón: en la fase de ruptura y de remolido, debido a que la rotación del cilindro provoca un deterioro en el almidón causando su ruptura mecánica.

El número de gránulos afectados depende del tipo de molienda afectándose más a medida que los cilindros estén más aproximados, al aumentar la presión que ejerce sobre las partículas de la cariósida, rompiendo las moléculas del almidón.

Como consecuencia el almidón de un trigo duro (de fuerza) se daña más respecto a un grano blando porque a causa de su vitrosidad necesaria una mayor presión para reducir a harina su endospermo.

Mientras que una excesiva cantidad de gránulos dañados tiene un efecto perjudicial sobre la tecnología de la harina, cantidad pequeña tiene un efecto positivo en la masa fermentada en cuanto es la fuente de azúcares que pueden, durante la fermentación ser atacada por la levadura produciendo gas. De hecho, a la temperatura de fermentación, los gránulos intactos no se gelatinizan y por eso no pueden ser atacados por la beta-amilasa y solo parcialmente por la alfa-amilasa; las formaciones de almidones dañados una vez gelatinizados se transforman rápidamente (por acción de estas enzimas), en maltosa que se utiliza en la fermentación.

Una excesiva acción de las enzimas provoca una cantidad muy elevada de dextrinas que al tener una capacidad de retención de agua inferior al almidón, lleva a la formación de una masa muy viscosa.

(CALVO, et. al, 2001).

Tipos de Harina:

Las harinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

a) Harinas duras: son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera. Hay cuatro clases de harinas:

- **Integral:** es aquella que contiene todas las partes del trigo.
- **Completas:** son las más corrientes en nuestro país, aquellas harinas que se obtienen al moler el trigo separando solo el salvado y el germen.
- **Patente:** es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mejor calidad panificadora, es blanca y tiene poca ceniza.
- **Clara:** es la porción de harina que queda después de separar la patente. En algunas regiones se le llama harina segunda. Es más oscura y contiene más cenizas.

b) Harinas suaves: son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas como el trigo blando rojo de invierno. Se utiliza para galletas y bizcochos. En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína.

(BELTRAN Y PUERTO, 2006).

2.2.6.2. Sucedáneos del Trigo

Un sucedáneo es todo cultivo que puede sustituir parcialmente la harina de trigo en la elaboración de panes, pasteles, galletas, pastas, fideos y otros. Estos pueden ser otros cereales (avena, arroz, maíz, cebada, centeno y triticale), pseudo cereales (quinua, kiwicha, cañihua), raíces (camote, yuca), tuberosas (papa), leguminosas y otros. Un buen sucedáneo mantiene o mejora la calidad del trigo, en las propiedades organolépticas o en las características nutritivas (GOMEZ E IBAÑEZ, 2009).

2.2.6.2.1. HARINA DE KIWICHA

Es un alimento recomendado en caso de intolerancia a las harinas de trigo, avena, cebada o centeno, favorece el crecimiento de los niños, su consumo es recomendado durante los primeros años de vida ayudando el desarrollo de las células cerebrales y fortaleciendo la memoria.

En la industria de la panificación la mezcla de 80% de harina de trigo y 20% de harina de kiwicha le da a la masa del pan una adecuada textura y un mayor valor nutritivo. Adicionalmente es la base en la elaboración de papillas infantiles y bebidas nutricionales.

Las harinas pueden ser elaboradas de semillas crudas, tostadas o germinadas, el grano de Kiwicha es acondicionado previamente y pasado por un tratamiento térmico (Tostado) a 168°C con el fin de mejorar sus características organolépticas y de digestibilidad. Posteriormente es molido obteniendo las siguientes fracciones: quiebra, reducción, granillo y salvado. La Harina se obtiene del mismo proceso, a partir del tamizado por malla N° 40 finalmente esta es mezclada y uniformizada para obtener el producto final.

La Harina de Kiwicha es un producto que fácilmente puede ser ingerido por niños y adultos mayores, es el complemento en jugos de frutas, leche, yogurt y por sus características puede ser usado en la preparación de sopas y frituras, o en la repostería y panadería para la elaboración de galletas, panes, tortas y otros (ORGANIC SIERRA Y SELVA, 2012).

Tabla 3: Composición promedio en 100 gr. de Harina de Kiwicha

COMPONENTES (gr)	HARINA DE KIWICHA
Energía (kcal)	389.29
Proteínas	11.79
Grasa	5.71
Carbohidratos	72.14
Fibra	8.90
MINERALES (mg)	
Calcio (Ca)	17.02
Fosforo (P)	151.89
Fierro (Fe)	6.30
VITAMINAS (mg)	
Tiamina / vitamina B1	0.11
Riboflavina / vitamina B2	0.11
Niacina	0.43

Fuentes: National Organic Program (NOP), Europe Union (EU), 2000

2.2.6.2.2. HARINA DE QUINUA

Tabla 4: Composición promedio en 100 gr. de Harina de Quinoa

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDAD
Valor energético	350	Kcal
Proteínas	13,18	Gr
Grasa	5,01	Gr
Hidratos de carbono	59,74	Gr
Agua	12,65	Gr
Ca	66,60	Mg
P	408,30	Mg
Mg	204,20	Mg
K	1040,00	Mg
Fe	10,90	Mg
Mn	2,21	Mg
Zn	7,47	Mg

Fuente: FAO, 2006.

Desde el punto de Vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales. El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100gr., que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías.

La proteína de la Quinoa ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor del organismo, conserva el calor y energía del cuerpo, es fácil de digerir, forma una dieta completa y balanceada.

A la quinua, por su alto valor nutricional, se le está buscando nuevas aplicaciones en la industria alimentaria, y que mejor manera que aplicarlo en panadería como sustituto de aditivos químicos para el mejoramiento de las harinas de panificación, aprovechando que es un producto natural y que se puede producir a nivel nacional, bajando los costos que acarrea la importación de productos químicos (ARROYAVE, 2006).

2.2.6.2.3. HARINA DE MAÍZ

Tabla 5: Cantidad de nutrientes en 100 gr de Harina de Maíz

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDAD
Agua	12	gr
Proteína	8.3	gr
Grasa	2.8	gr
Carbohidratos	75.7	gr
Sales minerales	1.2	gr
Fibra	9.42	gr
Lisina	240	mg
Arginina	300	mg
Ácido fólico	10	ug
Vitamina B ₁	440	ug
Vitamina B ₆	60	ug

Fuente: SAUCI-FACHMAMM-KRAUT, 2008.

Aporta betacaroteno a nuestro organismo (no el amiláceo). El maíz aporta almidones, proteínas, fibras, magnesio, fósforo, zinc, hierro y vitaminas. Estimula el crecimiento y ayuda en la formación de huesos y músculos gracias al manganeso.

Los cereales contienen, sobre todo, tres vitaminas: vitamina B₁ (tiamina), vitamina B₂ (riboflavina) y niacina; entre otras vitaminas B₆, el ácido pantoténico, la vitamina E. Las vitaminas son muy sensibles al calor, por lo que los tratamientos tecnológicos a los que sean sometidos los cereales y sus derivados.

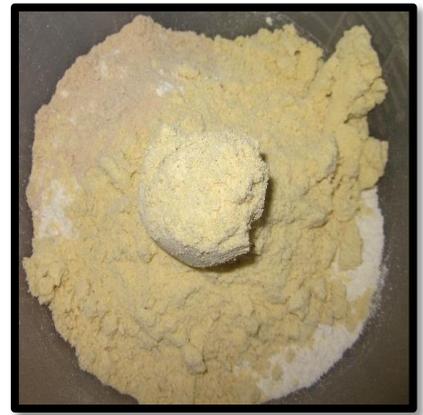
A partir del maíz se obtienen harinas, sémolas, almidones, edulcorantes, alcohol industrial, bebidas, “tortillas”, “snacks” alimentos para desayuno y otros productos.

En la industria galletera, el nivel de sustitución debe ser el 20%, la principal ventaja de los productos elaborados a partir del maíz con otras harinas es el hecho que carecen de gluten, por lo que resultan adecuadas para las personas celíacas (CALLEJO, 2002).



Fuente: Molinera inca, 2013.

Figura 3: Harina Galletera.



Fuente: Departamento de Ancash, Huaraz, 2013.

Figura 4: Sucedáneos del Trigo.

2.3. INSUMOS

2.3.1. Azúcar

Los azúcares en su estado cristalino contribuyen decisivamente sobre el aspecto y la textura de las galletas. Además, los jarabes de los azúcares reductores también van a controlar la textura de las galletas. La fijación de agua por los azúcares y polisacáridos tiene una contribución decisiva sobre las propiedades de las galletas. La adición de azúcar a la receta reduce la viscosidad de la masa y el tiempo de relajación. Promueve la longitud de las galletas y reduce su grosor y peso. Las galletas ricas en azúcar se caracterizan por una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente. El jarabe de glucosa (procedente del almidón) presenta una alta resistencia a la cristalización, aprovechándose para retener la humedad en las galletas. Durante la cocción, los azúcares reductores controlan la intensidad de la reacción de Maillard que produce coloraciones morenas en la superficie.

La función básica del azúcar es contribuir al sabor dulce y a la suavidad de los productos horneados. Cuando se utilizan en baja proporción no tiene efecto sobre la estructura, pero si la proporción es igual o mayor que la harina, modifica los caracteres del amasado.

El azúcar no se disuelve, totalmente y la proporción no disuelto interfiere el desarrollo del gluten, haciéndolo más grueso y resistente.

El azúcar también sirve como medio para incorporar aire a través del batido, que puede hacerse con una grasa o con huevos, facilitando el levantamiento posterior de la masa. (GARDA, 2002).

2.3.2. Grasas

Las grasas ocupan el tercer puesto en importancia dentro de los componentes de la industria galletera después de la harina y el azúcar. Las grasas desempeñan una misión antiglutinante en las masas, contribuyen a su plasticidad y su adición suaviza la masa y actúa como lubricante.

Además, las grasas juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que las galletas resultan menos duras de lo que serían sin ellas. La grasa contribuye, igualmente, a un aumento de la longitud y una reducción en grosor y peso de las galletas, que se caracterizan por una estructura fragmentable, fácil de romper.

En las masas para galletas se necesita una distribución homogénea de la grasa, el problema radica en la competencia por la superficie de la harina entre las fases acuosa y grasa. Cuando se presenta en grandes cantidades, su efecto lubricante es tan pronunciado que se necesita muy poca agua para lograr una consistencia suave. Si se mezcla con la harina antes de su hidratación, la grasa evita la formación de una red de gluten y produce una masa menos elástica, lo que es deseable en la producción de galletas porque encoge menos tras el laminado, pero la textura es distinta.

En todas las masas, la competencia por la superficie de la harina se ve afectada por la utilización de un emulsionante apropiado, necesario para la distribución homogénea de la grasa en la masa, consiguiendo así una homogénea interrupción de la red de gluten. (MANLEY, 1989).

2.3.3. Sal

La sal usada en la industria galletera debe ser pura y de grano fino, preferentemente sal marina.

La ausencia de sal produce masas pegajosas y muy blandas, por lo que la sal mantiene firme la masa (CALAVERAS J., 2004) y por tanto la de gluten, sin sal la red de gluten es menos fuerte, se rompe la red de gluten y la masa no se encoge tanto y permanece más redonda tras el moldeo. Por lo tanto, el efecto de la sal podría atribuirse al endurecimiento del gluten (NARPINDER S., et al, 2002).

2.3.4. Huevo

La función principal del huevo es la de actuar como alimento de unión y aumentar la consistencia del producto. La yema aporta proteínas que son capaces de unir y las grasas pueden interferir el desarrollo del gluten, lo que significa que se producen ambos fenómenos pudiendo predominar uno sobre otro, determinado por la presencia de los demás componentes. Son sustancias o procesos que se aplican a los amasados, a fin de dar lugar, a la aparición de una estructura esponjosa y aumento de volumen. Esto se debe a la existencia de burbujas de gas en la masa que durante el horneado se expanden, las proteínas, coagulan y fijan la estructura.

El huevo es un alimento de primer orden presente en la mayoría de preparaciones de panadería y pastelería, sin descuidar las cualidades que presenta en la cocina, pues da al producto final un valor nutritivo superior, además de color y textura de primera, gozando de vitaminas A, D y E; calcio, fósforo, hierro, grasa, tiamina, riboflavina y otros componentes necesarios para un buen desarrollo del hombre. (CALAVERAS, 2004).

Tabla 6: Composición del huevo en 100g, de porción comestible.

COMPONENTE	CANTIDAD
Energía	150.00 cal.
Proteínas	12.80 gr.
Grasas Insaturadas	3.40 gr.
Grasas Saturadas	1.60 gr.
Carbohidratos	0.70 gr.
Calcio	57.00 gr.
Fósforo	210.00 gr.
Vitamina B ₂	0.47 gr.
vitamina B1 (tiamina)	0.01 gr.

Fuente: Moreiras Ycol., 2005; Stadelman, 2003.

2.3.5. Componentes Mejorantes de la galleta

2.3.5.1. Polvo de hornear

Los bicarbonatos son agentes gasificantes que presentan un elemento alcalino. También se les denomina levaduras químicas. Su función principal es la de generar gas para aumentar el volumen final de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas. Se encuentra lo más a menudo posible en panes rápidos como las crepes, las galletas y los molletes.

2.3.5.2. Esencia de vainilla

Es un producto que proporcionar color, sabor y aroma agradable a los productos horneados, en este caso las galletas fortificadas.

2.3.6. Material de Embalaje

Un empaque es algo más que el mero medio ambiente conveniente de trasladar las piezas con seguridad al consumidor. También permite la exposición de la información sobre el tipo, peso, contenido, fabricación, precio, etc. Que pueda ser exigida por la ley y otros atributos más artísticos asociados con la atracción del cliente estimulándose a su adquisición o para consentir su fácil reconocimiento.

En general, los empaques se dividen en dos clases: Primarios (bolsas) y Secundarios (cajas). Los primarios son los que hacen contacto directo con el producto y los Secundarios rodean o envuelven el interior o primario.

Para el caso de la galleta, el empaque utilizado es el Primario, más específicamente las bolsas, pues una vez que las galletas se enfrían, es embolsado con la finalidad de protegerlo contra la pérdida de humedad y contra la acción del medio ambiente. La bolsa sirve para mantener una atmósfera con presión de vapor equilibrado con la presión de vapor del producto, también para mantener las características organolépticas del producto final. La bolsa debe tener características de hermeticidad y de baja permeabilidad al vapor de agua como al oxígeno. Las bolsas pueden ser de dos tipos:

Polietileno (CH₂- CH₂)

En forma general podemos mencionar dos tipos generales de polietileno de baja densidad (HDPE) obtenido mediante polimerización de metileno gaseoso con un proceso de alta presión y el polietileno de alta densidad (LDPE) obtenido por un proceso de baja presión. En el LDPE (0.91/0.92) la parte cristalina representa cerca del 50%, mientras que en el HDPE (0.94/0.96) está representado por el 80 al 95%.

Polipropileno (CH₂-CH-CH₃)

Se obtiene con un proceso similar al HDPE, con una polimerización del etileno gaseoso a baja presión, se dan de tres tipos: Polipropileno no orientado, orientado y lacado. El polipropileno no orientado es el material adecuado para las bolsas del pan de molde. Se obtiene por extrusión plana, tiene bajo peso específico (0.89) lo cual da un mayor rendimiento de m² por Kg.

Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170 °C) lo cual permite auto clavado (MANLEY, 1989).

Tabla 7: Composición Química Proximal de Sucedáneos del Trigo. Sustitución Parcial Fideos y Galletas

Nombres Científicos	CEREALES	Humedad gm%	Proteína gm%	Grasa gm%	Ceniza gm%	Fibra gm%	Carbohidratos gm%	% de Sustitución		
								Panes	Galletas	Fideos
Triticumaestivum	Harina de trigo	13.8	11.9	1.456	0.94	1.15	71.36	100	100	100
Zea mays	Harina de maíz	11.2	9.0	4.5	1.5	2.0	73.8	20	30	0
Hodeumvulgare	Harina de cebada	9.3	9.6	1.3	1.5	1.1	78.3	20	20	0
Oryza sativa	Harina de cebada	13.4	7.4	0.9	0.6	0.6	77.7	20	20	0
LEGUMINOSAS										
Vicia faba	Harina de haba	10.3	23.3	1.6	3.2	1.4	61.6	5	5	0
Glicinemax	Harina de soya	7.5	48.5	3.0	6.0	1.0	35.0	10	20	10
Lupinusmutabilis	Harina de tarwi	6.7	46.4	22.6	2.9	6.3	21.4	10	10	0
PSEUDO CEREALES										
Chenopodiumquinoa	Harina de quinua	6.0	12.6	5.6	2.6	1.8	73.2	20	20	20
Amaranthuscaudatum	Harina de kiwicha	11.6	12.6	5.9	2.5	2.8	67.4	20	30	0
Chenopodiumcallinacaule	Harina de cañihua	11.4	13.5	6.5	6.4	6.0	62.2	10	30	0
TUBERCULOS										
Manihotesculenta	Harina de yuca	11.21	1.8	1.4	3.3	1	82.3	10	20	0
Ipomoea batatas	Harina de camote	9.0	1.6	0.8	2.2	1.5	86.4	10	30	0
Solanumtuberosum	Harina de papa	10.9	6.4	0.4	5.2	2.3	77.1	10	20	0
RAICES										
Lepidiummeyenill	Harina de maca	10.9	13.3	0.96	1.08	5.35	68.2	10	10	3
Oxalis tuberosa	Harina de oca	6.4	4.1	1.9	3.6	4.0	84.0	10	0	0
Tropacolumtuberosu	Mashua o añu	87.4	1.5	0.7	0.6	0.9	9.8	9.8	10	0

Fuente: Reynoso S, 1994

III. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Análisis y Composición de los Productos Agroindustriales en la E.A.P. de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

3.1 MATERIALES

3.1.1. Material de estudio

- Harina de trigo galletera (Molinera inca)
- Harina de quinua (variedad óscar blanco)
- Harina de Kiwicha (variedad óscar blanco)
- Harina de maíz (pioner 3041)

3.1.2. Insumos

- Margarina multiusos
- Azúcar rubia
- huevos
- polvo de hornear
- sal yodada refinada
- vainilla

3.1.3. Equipos

- **Balanza Analítica**
Marca: PRECISA
Modelo: XB 320M SCS
Procedencia: SUECIA
- **Balanza Precisión**
Marca: PRECISA
Modelo: LX220A
Procedencia: SUIZA.

- **Esterilizadora digital a calor seco**

Marca: POLEKO APARATURA

Modelo: SNL 115 STD INOX-G

Procedencia: POLONIA.

- **Mufla**

Marca: Thermolyne.

Serie: 34703484

Procedencia: USA.

- **Analizador de humedad**

Marca: PRECISA

Modelo: XM50

Procedencia: SUECIA

- **Horno rotatorio por convección**

Marca: NOVA.

Modelo: MAX 1000

Procedencia: Lima.

- **Colorímetro**

Marca: KONICA MINOLTA.

Modelo: CR-400.

Procedencia: JAPON.

- **Texturómetro**

Marca: BROOKFIELD

Modelo: CT3-4500

Procedencia: USA.

- **Amilógrafo**
 Marca: Brabender
 Modelo: 800250
 Procedencia: Alemania.

- **Farinógrafo** Marca:
 Brabender Modelo:
 SQ.810161
 Procedencia: Alemania.

- **Extensografo**
 Marca: Brabender
 Modelo: 5530-2
 Procedencia: Alemania.

3.1.4. Materiales de vidrio y otros

- Bowls de vidrio 1200 gr
- Cortadores redondos
- Rodillos
- Batidor manual
- Cucharas para batir
- Tamiz
- Matraz de 100 y 250 ml.
- Vaso de precipitación de 500 ml.
- agitador de vidrio
- probeta de 100 ml-
- capsula de porcelana
- crisol
- campana desecadora
- pinzas de madera, etc.

3.2 METODOS

3.2.1. Caracterización de Materia Prima

3.2.1.1. Características de la Harina de Trigo Galletera

El producto Harina Galletera Soft se obtiene de la molienda y tamizado de granos de trigo, 100% seleccionados, la presentación es en sacos de 50, 30 y 25 kg. En envases de polipropileno y/o tocuyo y/o papel kraft.

3.2.1.1.1. Composición Porcentual

La harina galletera es elaborada bajo las normas nacionales y extranjeras. Donde la determinaciones de la humedad, proteína, cenizas y acidez de la harina fueron realizadas por la norma técnica Nacional NTP N° 205.027 y fortificación por el reglamento de ley – fortificación D.S.N° 012-2006-SA – LEY N° 28314. Los protocolos de análisis fueron establecidos bajo las normas AACC. AOAC y ICMSF; NTN205.037 – NTN205.038. Y la norma microbiológica establecida bajo RM N° 591- 2008/MINSA.

3.2.1.1.2. Amilografía brabender®

Para el análisis se utilizó el Amilógrafo Brabender de **AACC STANDARD N° 22-10 AND N° 22-12** (*American Association of Cereal Chemists*), **ICC STANDARD N° 126/1** (*Internacional Association of Cereal Chemistry*), **ISO 7973** (*Internacional Organization for Standardization*).

3.2.1.1.3. Farinografía brabender®

El farinógrafo Brabender se empleó para medir las características y aptitudes de las harinas en el amado.

3.2.1.1.4. Extensografía brabender®

Determina las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión.

3.2.1.1.5. Colorimetría

Los Metros Konica Minolta Chroma CR-400 de marca es un instrumento de medición de color. Con una función de índice de usuario, la serie CR-400 permite a la evaluación y cálculo de color. Esta característica del sistema versátil de color y fórmula de evaluación estándar ($L^* a^* b^*$) siendo L^* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a^* (verde-/rojo+) y b^* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*).

3.2.1.2. Caracterización de la Harina de Kiwicha

Es un producto altamente asimilable y con buen perfil nutritivo, conteniendo valores elevados de proteína; elaborado a base de granos seleccionados de Kiwicha.

3.2.1.2.1. Composición porcentual

Su proceso y composición deberá ajustarse a lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 1020-2010/MINSA “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería”.

3.2.1.2.2. Colorimetría

Para la determinación del color de la harina de kiwicha fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L^* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a^* (verde-/rojo+) y b^* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*), fue calculado según MINOLTA (1993).

3.2.1.3. Caracterización de Harina de Quinoa

Producto obtenido de la molienda de los granos de quinoa (*Chenopodium quinoa*) procesados (beneficiados), que han sido sometidos a un proceso de trituración y molienda, reduciéndolos a determinados grados de granulometría para los distintos usos a los que se destine.

3.2.1.3.1. Composición Porcentual

La quinoa procesada de la que se obtenga la harina deberá estar sana y limpia, asimismo deberá cumplir con los requisitos establecidos en la NTP 205.062:2009 QUINUA.

Su proceso y composición deberá ajustarse a lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 1020-2010/MINSA, Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería.

3.2.1.3.2. Colorimetría

Para la determinación del color de la harina de quinoa fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según MINOLTA (1993).

3.2.1.4. Caracterización de Harina de Maíz

Es un producto altamente asimilable y con buen perfil nutritivo, elaborado a base de granos seleccionados de maíz.

3.2.1.4.1. Composición Porcentual

Su proceso y composición deberá ajustarse a lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 451-2006/MINSA “Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación”.

3.2.1.4.2. Colorimetría

Para la determinación del color de la harina de maíz fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-LAB, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según MINOLTA (1993).

3.2.1.5. Cómputo Químico o Score Proteico

El patrón que se utilizó para el cómputo químico de aminoácidos fue en grupo de adultos (mayores de 18 años), según FAO 2007. El score químico o computo químico se expresó como la cantidad (mg) de aminoácido esencial por gramo de la proteína en estudio, en relación con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia (gr), es decir, el patrón aminoácido establecido para el adulto. El resultado se expresó de manera porcentual. El valor más bajo es el que corresponde al score y el aminoácido que lo produce se denomina “primer limitante”. El valor obtenido para cada aminoácido mayor a 100%, expresa una proteína completa.

3.2.2. Elaboración de Galleta

3.2.2.1. Formulación:

La formulación utilizada en la elaboración de galletas se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Formulación patrón

INSUMO	FORMULACION (%)
Harina de trigo	100
Polvo de hornear	0.5
Margarina	25
Azúcar	30
Sal	0.25
Huevo	125
Vainilla	3

Fuente: Revista de la Sociedad Química del Perú – 2010.

3.2.2.2. Planeamiento Experimental

Para optimizar la formulación de las galletas fortificadas, se realizará utilizando un Delineamiento Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^3 , donde las variables independientes son las concentraciones de harina de Kiwicha (X_1), quinua (x_2) y maíz. Los niveles varían en $-\alpha$, -1 , 0 , $+1$, $+\alpha$; los valores reales correspondientes se encuentran en la tabla 9.

Tabla 9: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental DCCR 2^3

Variables Independientes	Niveles				
	- α	- 1	0	+ 1	+ α
Harina de Kiwicha	0	6	15	24	30
Harina de quinua	0	4	10	16	20
Harina de maíz	0	6	15	24	30

Diecisiete fueron los ensayos realizados, ocho ensayos factoriales, seis ensayos en condiciones axiales y tres repeticiones del punto central. La tabla 10 representa el planeamiento experimental utilizado.

Los ensayos fueron realizados en 3 días. La secuencia de ejecución de los experimentos fue aleatoria, definida a través de un sorteo previo, excepto para los puntos centrales.

Tabla 10: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2³.

Ensayo	VALORES CODIFICADOS *			VALORES REALES		
	V ₁	V ₂	V ₃	Harina de Kiwicha	Harina de Quinoa	Harina de Maíz
1	-1	-1	-1	6	4	6
2	+1	-1	-1	24	4	6
3	-1	+1	-1	6	16	6
4	+1	+1	-1	24	16	6
5	-1	-1	1	6	4	24
6	+1	-1	1	24	4	24
7	-1	1	1	6	16	24
8	+1	1	1	24	16	24
9	1.68	0	0	0	10	15
10	+1.68	0	0	30	10	15
11	0	-1.68	0	15	0	15
12	0	+1.68	0	15	20	15
13	0	0	-1.68	15	10	0
14	0	0	+1.68	15	10	30
15	0	0	0	15	10	15
16	0	0	0	15	10	15
17	0	0	0	15	10	15

*Elaborado sobre el Paquete STATISTICA, STATSOFT – USA, versión 8.0.

3.2.2.3. Procedimiento para Elaboración de Galletas Fortificadas

Recepción:

Se recepcionó los insumos a usarse en la elaboración de las galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de Quinoa, Kiwicha y maíz, pasando por los controles de calidad respectivos, para asegurar la calidad de los insumos, verificando su fecha de producción y vencimiento. Para asegurar la calidad del insumo y por consiguiente, la calidad del producto terminado.

Pesado:

Se pesan las materias primas e insumo, correspondiente a cada formulación de cada ensayo. Es una operación muy importante ya que al saber cuánta materia prima ingresa; podemos determinar el rendimiento final y cuanto se va perdiendo en cada proceso, además de conocer los costos que implica la elaboración de galletas fortificadas con sustitución parcial de harina de trigo, Kiwicha, quinua y maíz. Operación que se realizó en balanzas de aguja, tipo reloj y una balanza digital de acuerdo a la formulación y cantidad de materia prima a utilizarse.

Mezclado y amasado:

Se añade la grasa, azúcar y sal, en el tazón de la batidora luego se procedió acremar a baja velocidad, (10min); luego agregar los huevos, la harina y vainilla hasta obtener una masa homogénea y compacta.

Laminado cortado:

La masa se colocó en la mesa de aluminio, se extendió, se laminó con rodillos metálicos manualmente hasta un grosor de 4mm. Posteriormente se procede a cortar con el molde determinado.

Cocción:

Para el horneado se utilizó un horno industrial con capacidad para 18 bandejas, una vez encendido el horno es necesario esperar a que este alcance la temperatura adecuada.

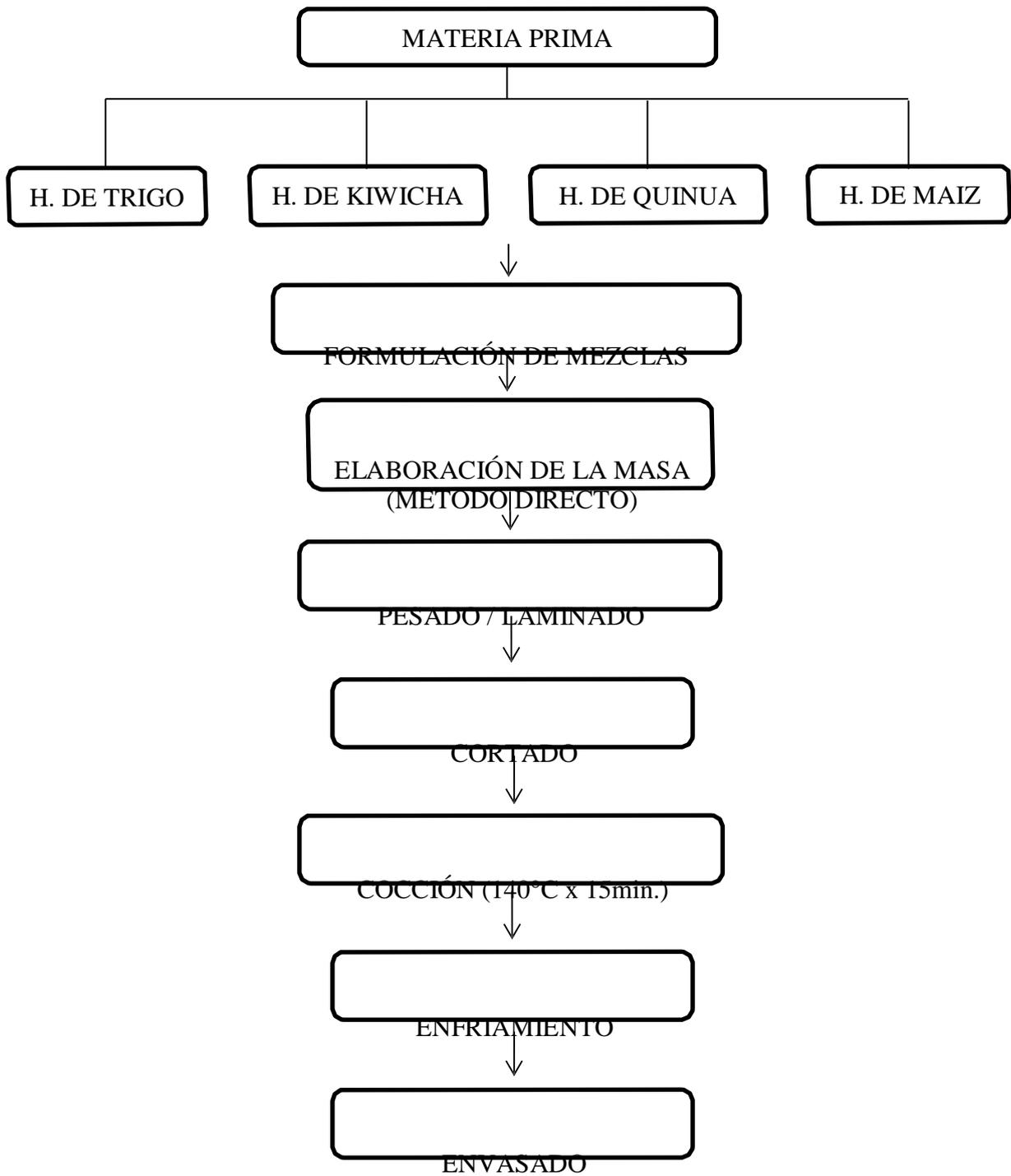
La temperatura de horneado para cocción de las galletas fortificadas es de 145°C por un tiempo de 15 min.

Enfriado:

Terminado la etapa de cocción, retiramos los carritos y son llevados hacia una zona fresca, seca y libre de contaminación. Las galletas se enfrían por un periodo de tiempo de 20 minutos antes de ser embolsados a temperatura ambiente.

Embalaje:

El envasado se realizó en bolsas de polipropileno de alta densidad, las cuales fueron selladas con sellador manual.



Fuente: Revista Sociedad Química del Peru – 2010.
 Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de elaboración

3.2.3. Evaluación de la calidad de las galletas fortificadas

Las galletas producidas fueron caracterizadas a través de los siguientes análisis:

3.2.3.1. Volumen específico

El volumen del producto se encontró por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El recipiente utilizado fue de metal.

3.2.3.2. Color de la galleta

Para la determinación del color de las galletas fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L^* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a^* (verde-/rojo+) y b^* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*), fue calculado según minolta (1993).

El color de las galletas fue tomado del centro de la galleta, por triplicado.

La cromacidad fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromacidad } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h fue determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

3.2.3.3. Análisis sensorial

Las galletas fueron evaluadas por 30 panelistas no entrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Las características evaluadas fueron: color, sabor, aroma, textura, apariencia e intención de compra.

Las muestras estuvieron codificadas. Por otro lado, las fichas de evaluación sensorial fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos (donde 1 = me disgusta muchísimo a 9 = me gusta muchísimo).

Los panelistas también fueron cuestionados en cuanto a la intención de compra, en caso de que el producto estuviera en venta, en una escala de 5 puntos.

La ficha utilizada para la evaluación se encuentra en el anexo 5.

3.2.3.4. Análisis estadístico

El programa (StatSoft Announces Versión 8 of STATISTICA), fue utilizado para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, análisis de varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5%, también permiten romper nuevas barreras en el análisis de datos y aplicaciones de control de calidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las Harinas de Trigo Galletera, Kiwicha, Quinua y Maíz

4.1.1. Composición porcentual

En la tabla 11 se presentan los datos de composición porcentual de las harinas de trigo galletera, Kiwicha, quinua y maíz.

Tabla 11: Composición porcentual (%) de las harinas de trigo galletera, kiwicha, quinua y maíz.

Componentes %	Harina de Trigo	Harina de kiwicha	Harina de Quinua	Harina de maíz
Humedad	14.5	12.51	11.12	13.67
Cenizas	0.60	3.35	1.96	2.47
Proteína	10.64	14.65	15.04	8.62

* Realizado por Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.)

En la tabla 11 observamos que la harina de trigo especial galletera tuvo un contenido de humedad de 14.5%, encontrándose dentro de límite establecido por la **Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI (Febrero 1986)** y **CODEX Alimentarius 152-1985**, que determinan que la cantidad de humedad de la harina no debe exceder 15%, pues influencia en la conservación de la calidad, siendo uno de los factores de aceleración de reacciones químicas, enzimáticas y crecimiento de microorganismos. Para el caso de las harinas sucedáneas en estudio como Kiwicha, quinua y maíz se obtuvieron valores de 12.51%, 11.12% y 13.67% respectivamente; encontrándose dentro del límite de 15% referido en la **Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI (1976 con revisión en el 2011)**.

La cantidad de cenizas es una medida importante para la calidad de las harinas. Harinas con contenidos altos de cenizas normalmente presentaran coloraciones oscuras (Da silva, 2007). En el caso de las harinas en estudio, tabla 11, la harina de trigo presento un valor de cenizas de 0.60%; estando por debajo del 0.64% establecido como límite por la **Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI (febrero 1986)**. Para las harinas sucedáneas se tuvieron porcentajes de cenizas de 3.35% en la harina de Kiwicha, 1.96% en la harina de quinua y 2.47% en la harina de maíz; siendo menor límite de tolerancia de 5% mencionado en la **Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI (1976 con revisión en el 2011)**.

Y para el caso de proteínas, tabla 11, las **harinas** de kiwicha y quinua tuvieron un contenido de proteínas de 14.65% y 15.04% respectivamente; siendo superiores al 10.64 y 8.62% presentados por las harinas de trigo y maíz.

4.1.2. Propiedades físicas.

4.1.2.1. Colorimetría.

Las medias de los parámetros de color L, a*, b*, C* y h° de las materias primas están presentados en la tabla 12.

Tabla 12. Valores medios de los parámetros de Luminosidad, a*, b* c* y h de las materias primas.

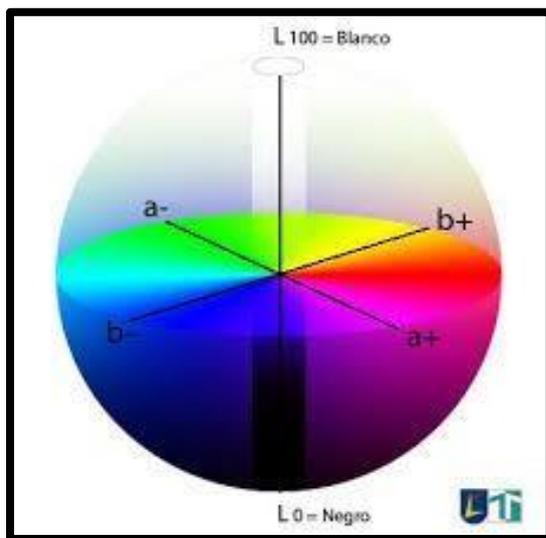
Materia Prima	Luminosidad (L*)	a*	b*	Cromacidad (C*)	Angulo de tonalidad (h°)
Harina de trigo	99.2485	1.1569	14.4071	14.4534	85.4088
Harina Kiwicha	92.7137	4.7205	23.1573	23.6335	78.4785
Harina quinua	92.9803	2.722	20.97	21.1519	82.6056
Harina maíz	97.6453	0.8168	35.2461	35.2555	88.6725

En la tabla 12, la harina de trigo presentó una coloración más clara (99.2485) con respecto a la harina de kiwicha (92.7137), quinua (92.9803) y maíz (97.6453).

Con respecto a los valores de b* de las harinas, todas tienen una tendencia al color amarillo. En cuanto al valor de a* se tiene una ligera tendencia al color rojo en todas las harinas en estudio.

Las harinas en su totalidad presentaron valores de ángulo de tonalidad entre 70 y 90 grados, indicando la tendencia al color amarillo (ver Figura 6).

La cromacidad o grado de pigmentación, que se encuentra en función a a* y b*; también presento una tendencia a la tonalidad amarilla.



Fuente: espacio color cielab – web.

Figura 6: espacio de color L*C*H



Fuente: Colorímetro minolta cr400, 2002.

Figura 7: Colorímetro.

4.1.3. Propiedades reológicas de la harina de trigo.

4.1.3.1. Farinografía.

La tabla 13 presenta las características farinográficas de harina de trigo galletera. La figura 8 presenta el farinograma correspondiente.

Tabla 13: Características farinográficas de la harina trigo galletera

Parámetros	Harina de trigo
Contenido de humedad	14.1%
Absorción de agua	56%
Tiempo de desenvolvimiento de la masa	1.17 min
Estabilidad	9.48 min
Índice de tolerancia al mezclado	20 UB

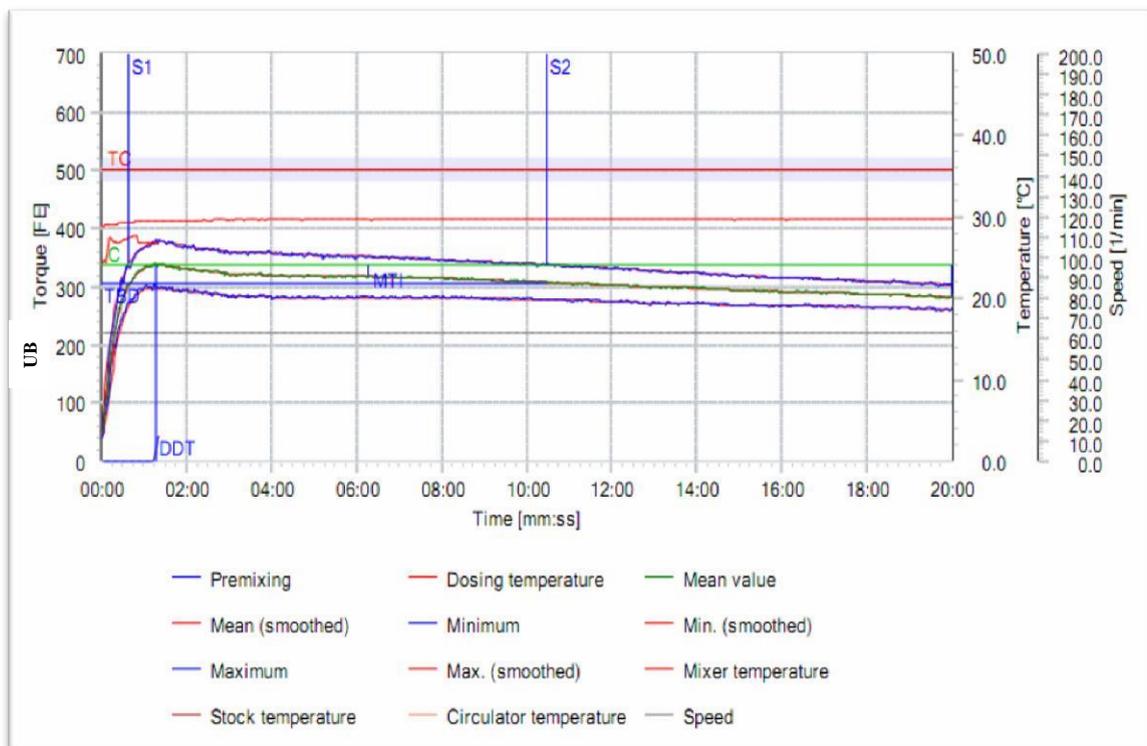


Figura 8: Farinograma de la Harina de trigo Galletera

La masa de harina de trigo galletera no logra alcanzar los 500 UB como se esperaba, indicador de que la masa no es resistente y no

ofrece fuerza para la **absorción de agua**; manifestándose con un valor de **56%**, registrados en la tabla 13.

Para que la masa adquiriera sus condiciones óptimas en cuanto a estructura física y cualidades plásticas, fue necesario que transcurra un tiempo de **1 minuto 17 segundos**. Este factor (**tiempo de desenvolvimiento de la masa**) tan importante está determinado en el farinograma (Demarcado en la figura 8 por el eje 0,0 y la línea vertical DDT) por el tiempo que demora la curva para llegar a su punto más alto contando desde el comienzo de la operación.

El tiempo de desarrollo es el tiempo requerido para que se hidraten las proteínas. Los tiempos de desarrollo menores a 3 min son características de trigos suaves. (**Magaña et al., 2009**). Es conocido que, para elaborar galletas, se requiere de poca cantidad de agua y tiempos de mezclado cortos. (**Magaña et al., 2009**).

El farinograma (Figura 8) muestra un **tiempo de estabilidad de la masa de 9 minutos y 48 segundos** (demarcado por las líneas verticales S1 y S2). Tiempo en donde se alcanza la consistencia máxima de la masa, la cual conserva durante el tiempo mencionado; y al cabo del cual se pierde la tenacidad y extensibilidad. A pesar de que el tiempo de estabilidad fue prolongado, se asevera que la harina analizada es débil indicada para la producción de galletas debido a que no se superó el límite de 500 UB como se mencionó anteriormente; tal y como lo menciona **Beltrán et. al. (2006)** al expresar que una harina fuerte presenta más estabilidad y consistencia en el proceso de amasado. Esto se ve cuando en un farinograma la curva permanece por más tiempo sobre la línea de 500UB; con respecto a la masa elaborada a partir de la harina débil. Además, el tiempo de desarrollo es mucho más amplio en la harina fuerte.

El índice de tolerancia al mezclado-**MTI** (caída de la curva del punto más alto transcurrido 5 minutos de mezclado como se ve en la figura 8) presenta una baja resistencia al mezclado, representado con un

valor de **20 UB**.

Por lo tanto los parámetros farinográficos de la harina de trigo en estudio, como porcentaje de absorción de agua (56%), tiempo de desarrollo (1minuto y 15 segundos) y estabilidad (9 minutos); se encuentran dentro de los límites (Absorción de agua <59%, tiempo de desarrollo <2.5 min y estabilidad <12 min) para ser considerada una harina apta para galletas (SENA, 1984) tomado de (BELTRÁN et. al., 2006).

4.1.3.2. Extensografía.

La tabla 14 presenta las características extensográficas de la harina de trigo.

Tabla 14: Características Extensográficas de la Harina Trigo Galletera

Parámetros	Harina de Trigo		
	30 min *	60 min **	90 min **
Energía [cm ²]	80	94	79
Resistencia a la extensión [UB]	286	341	310
Resistencia Máxima [UB]	372	435	411
Extensibilidad [mm]	157	163	155
Número proporcional	1.8	2.1	2.0
Número proporcional máximo	2.4	2.7	2.7

**30, 60, 90 minutos son los tiempos de fermentación que en la figura 2 son representados por las curvas de color verde, rojo y azul; respectivamente.

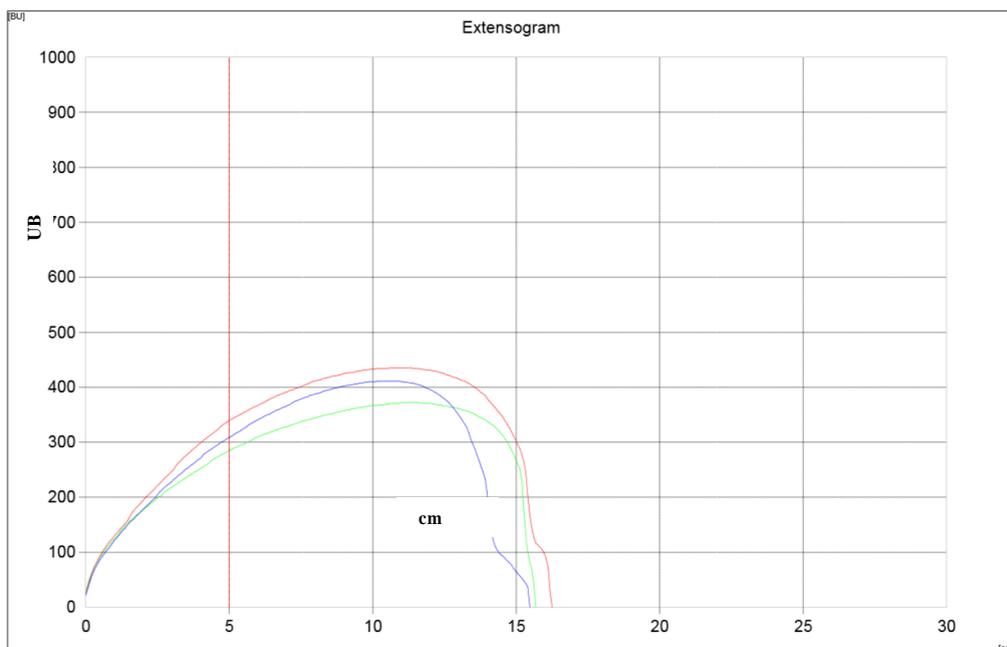


Figura 9: Extensograma de la Harina Galletera

La figura 9 muestra tres curvas que representan el comportamiento de la masa, a través de su extensibilidad (cm) y resistencia o tenacidad (Unidades Brabender-UB) a esta extensión; en tiempos asignados de fermentación de 30 min (**color verde**), 60 min (**rojo**) y 90 min (**azul**).

Es importante mencionar que al igual que en el farinograma de la masa de harina de trigo, en el extensograma la harina no logra alcanzar las 500 UB, indicador de que la masa no es resistente y no ofrece fuerza. Representando un extensograma típico de una harina apta para galleta.

En la tabla 14, la masa evaluada presenta una mayor **energía** o área total de la curva (cm^2) cuando el tiempo de fermentación fue 60 min, obteniendo un valor de 94 cm^2 ; en comparación con las áreas obtenidas a 30min y 90min de fermentación con 80 cm^2 y 79 cm^2 ; respectivamente. Por lo tanto, al transcurrir 60 min de fermentación se presenta la mayor fuerza de la masa, considerando lo mencionado por (NITZKE, 2005); quien cita que cuanto mayor sea el área, mayor es la energía ejercida y mayor es la fuerza de la masa y harina.

La **resistencia a la extensión** (obtenido en el punto más alto de la curva, a 50mm o 5cm de su iniciación como se muestra en la figura 9) para los tiempos de fermentación de 30, 60 y 90 fue de 286 UB, 341UB y 310 UB, respectivamente. Es decir que a 60 min la masa muestra más capacidad de retención de gas carbónico (CO₂) formado durante la fermentación. Las **resistencias máximas** (punto más alto de la curva) representadas en el extensograma (figura 9) para los tiempos de fermentación de 30, 60 y 90 minutos fueron 372 UB, 435 UB y 411 UB respectivamente, tabla 14.

En cuanto a la **extensibilidad** (longitud del principio al final de la curva) se presentó los valores de 157mm, 163mm y 155mm para los tiempos de fermentación de 30,60 y 90 minutos, como se muestra en la tabla 14.

La extensibilidad es una característica que está relacionada con la proteína glutenina, que tiene alto peso molecular y tiende a formar enlaces disulfuro intramoleculares e intermoleculares (NITZKE, 2005).

La extensibilidad y resistencia a la extensión evidencian la calidad tecnológica del gluten, que dependen en gran medida del número de enlaces cruzados entre las moléculas de proteína y sus fuerzas. Los enlaces de hidrógeno y azufre juegan gran importancia en la formación de la estructura del gluten. (MARTÍNEZ et al., 1993) mencionado por (DAS GRAÇAS, 2003)

El **número o razón proporcional** entre la resistencia a la extensión y la extensibilidad para los tiempos de fermentación fueron de 1.8, 2.1 y 2.0 (tabla 14). Los valores obtenidos son pequeños e indican que mayor es la tendencia de la masa a estirarse sin romperse. Caso contrario mayor hubiera sido la tendencia de la masa a estirarse y volver a su estado original (NITZKE, 2005).

Por lo tanto, luego de evaluar los parámetros obtenidos en el extensograma de la harina de trigo en estudio, como extensibilidad y energía para los tiempos de fermentación estudiados; se concluye que estos parámetros propios de la harina de trigo se encuentran dentro de los rangos adecuados para que la harina sea considerada apta para el procesamiento de galletas dulces. Esta aseveración se realiza al comparar con los parámetros mencionados por (NITZKE, 2005), quien indica que la extensibilidad debe encontrarse entre 120 y 160 cm y la energía o área debe ser menor a 100 cm².

4.1.3.3. Amilografía

La tabla 15 presenta las características amilográficas de la harina de trigo galletera.

Tabla 15: Características amilográficas de la harina trigo galletera

Parámetros	Harina de trigo
Humedad	14.1 %
Peso de la muestra	(80.1g / 449.9 ml)
Inicio de gelatinización	64.9° C
Temperatura de gelatinización	87. 8° C
Máxima gelatinización	1378 AU

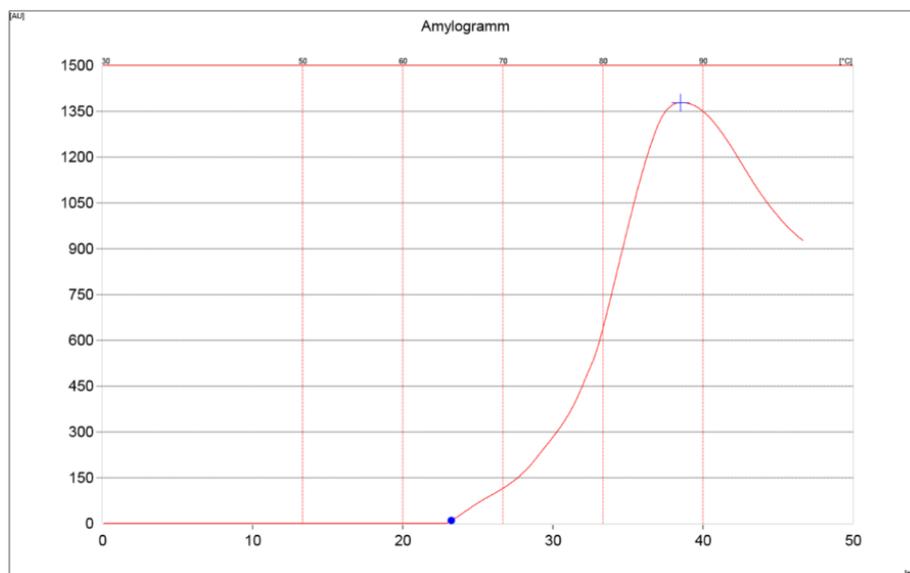


Figura 10: Amilograma de la harina de trigo galletera

La figura 10 muestra el amilograma para la harina de trigo, la cual tiene como coordenadas al tiempo (eje x) y la viscosidad (eje y). Además en la parte superior del amilograma se presenta la temperatura (°C) de la prueba.

El amilograma representa el inicio de la gelatinización del almidón cuando se alcanza la temperatura de 64.9°C en un tiempo de 22 minutos de iniciada la prueba. Luego de transcurrido 60 minutos de la prueba se alcanza la viscosidad máxima de gelatinización del almidón de la harina de trigo con un valor de 1378 AU a una temperatura de 87. 8° C (temperatura de gelatinización).

Los almidones que dan picos altos, tienen la característica de tener un alto poder de hinchamiento. Estos almidones que son capaces de tener un alto grado de hinchamiento son también menos resistentes a la desintegración durante la cocción y por lo tanto presentan una significativa disminución de la viscosidad después de alcanzar el máximo valor. (Brumovsky, 2014)

4.2 Cómputo Químico de aminoácidos.

La tabla 16 muestra el cómputo o score químico de aminoácidos esenciales (%) de las 17 formulaciones del Diseño Compuesto Central Rotacional 2³ aplicado en esta investigación. Cabe mencionar que la realización del cómputo químico se realizó antes de aplicar el diseño experimental para las variables dependientes que se mostraran posteriormente. Siendo por lo tanto importante la pre-evaluación nutricional para cada formulación de galleta.

Para la realización del cómputo químico se ha tomado datos bibliográficos de la composición de aminoácidos (mg/g de proteína) para cada una de las harinas (trigo, kiwicha, quinua y maíz) y datos del porcentaje de proteínas obtenidas en laboratorio que contiene cada harina en estudio.

Tabla 16: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental (DCCR 2³).

	(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)*
FORMULACIONES (%)	HARINA DE TRIGO	83.7	65.9	71.9	54.1	65.9	48.1	54.1	36.3	75	45	70	50	75	45	60	60	60	-
	HARINA DE KIWICHA	6.1	23.9	6.1	23.9	6.1	23.9	6.1	23.9	0	30	15	15	15	15	15	15	15	-
	HARINA DE QUINUA	4.1	4.1	15.9	15.9	4.1	4.1	15.9	15.9	10	10	0	20	10	10	10	10	10	-
	HARINA DE MAIZ	6.1	6.1	6.1	6.1	23.9	23.9	23.9	23.9	15	15	15	15	0	30	15	15	15	-
SCORE QUIMICO (%)	Isoleucina	127	139	144	154	126	139	143	154	131	150	127	154	141	141	141	141	141	30
	Leucina	123	113	131	121	131	120	139	129	135	118	118	133	120	132	126	126	126	59
	Lisina	81	98	97	112	80	98	97	113	83	111	84	110	98	97	97	97	97	45
	Metionina + Cistina	123	117	154	147	123	117	155	148	141	131	108	162	136	136	136	136	136	38
	Fenilalanina + tirosina	327	312	285	273	283	271	242	232	289	269	314	245	313	242	278	278	278	22
	Treonina	146	165	151	169	151	170	157	175	144	175	156	165	156	165	160	160	160	23
	Triptofano	197	193	207	203	180	177	191	188	196	190	183	201	206	179	193	193	193	6
	Valina	125	123	136	134	126	124	137	135	132	129	120	139	129	131	130	130	130	39
	Histidina	217	214	221	218	367	353	364	352	292	279	285	287	172	406	285	285	285	15

Fuente: Cálculos basados en WHO/FAO/UNU, 2007-Categoría adultos.

A continuación, se ha interpretado los datos obtenidos del cómputo químico tanto para la lisina como para los demás aminoácidos esenciales.

4.2.1. Lisina.

Al evaluar los resultados de la tabla 16 se tiene que el único aminoácido esencial limitante para la mayoría de formulaciones es la lisina; a excepción de las formulaciones 4, 8, 10 y 12 que tuvieron un cómputo químico superior a 100%. Sin embargo, la totalidad de las formulaciones superan el límite mínimo de 70% de cómputo químico para ser considerado apto para panificación y pastelería; según la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y La Organización Mundial de Salud (OMS).

Una dieta baja en lisina no permite un crecimiento normal del organismo ni de las funciones cerebrales. Por eso se asocia a la lisina con el desarrollo de la inteligencia, la rapidez de los reflejos y otras funciones cerebrales como la memoria y aprendizaje. (Revista Panadera, 2013).

Las formulaciones 4, 8, 10, 12 como se indicó anteriormente no mostraron deficiencia aminocídica de lisina por ser las formulaciones que cuentan con mayores porcentajes de harina de kiwicha y quinua en su composición. Además de que en su composición de aminoácidos (mg/g de proteína) la harina de kiwicha y quinua presentan mayor contenido de lisina (ver tabla 16), en comparación a las harinas de trigo y maíz; que tienen como aminoácido limitante a la lisina como lo menciona (LUTZ, 2009).

La quinua es un grano que posee un alto contenido de aminoácidos esenciales como la lisina, siendo este el más destacado de los 8 aminoácidos esenciales (REVISTA PANERA, 2013).

Con el fin de evaluar las influencias significativas de las variables independientes (harina de kiwicha, harina de quinua y harina de maíz) se ha creído pertinente utilizar el programa STATISTICA statsoft v8.0 con los datos obtenidos del cómputo químico.

La tabla 17 muestra los resultados del cómputo químico del aminoácido lisina para cada una de las 17 formulaciones y/o ensayos del Diseño Compuesto Central Rotacional. Datos que fueron extraídos de la tabla 16.

Como era de esperarse la galleta patrón (solo trigo, sin contenido de ninguna variable independiente en su composición), obtuvo un cómputo químico de 69%, mostrando la deficiencia de la lisina en el trigo.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos en la respuesta lisina (tabla 18 y figura 11). Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos lineales de harina de kiwicha y harina de quinua y las interacciones de harina de kiwicha con quinua, harina de kiwicha con maíz y harina de quinua con maíz.

Tabla 17. Computo químico del aminoácido lisina de las galletas fortificadas.

Ensayos	Harina de kiwicha	Harina de quinua	Harina de maíz	Lisina (%)
1	-1	-1	-1	81
2	+1	-1	-1	98
3	-1	+1	-1	97
4	+1	+1	-1	112
5	-1	-1	+1	80
6	+1	-1	+1	98
7	-1	+1	+1	97
8	+1	+1	+1	113
9	-1.68	0	0	83
10	+1.68	0	0	111
11	0	-1.68	0	84
12	0	+1.68	0	110
13	0	0	-1.68	98
14	0	0	+1.68	97
15	0	0	0	97
16	0	0	0	97
17	0	0	0	97
Patrón	-	-	-	69

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **99.97%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Tabla 18: Coeficientes de regresión para el aminoácido Lisina correspondiente al Cómputo químico de las galletas fortificadas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(11)	p-valor
Media	97.01	0.14	690.42	<0.0001
X₁ (L)	8.28	0.07	125.48	<0.0001
X₁ (Q)	-0.04	0.07	-0.54	0.6037
X₂ (L)	7.75	0.07	117.31	<0.0001
X₂ (Q)	-0.04	0.07	-0.54	0.6037
X₃ (L)	-0.12	0.07	-1.86	0.1045
X₃ (Q)	0.14	0.07	1.89	0.1004
X₁.X₂	-0.50	0.09	-5.79	0.0007
X₁.X₃	0.25	0.09	2.89	0.0230
X₂.X₃	0.25	0.09	2.89	0.0230

x₁=Harina de kiwicha, x₂=harina de quinua, x₃=harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r² para el modelo ajustado es de **99.95%**.

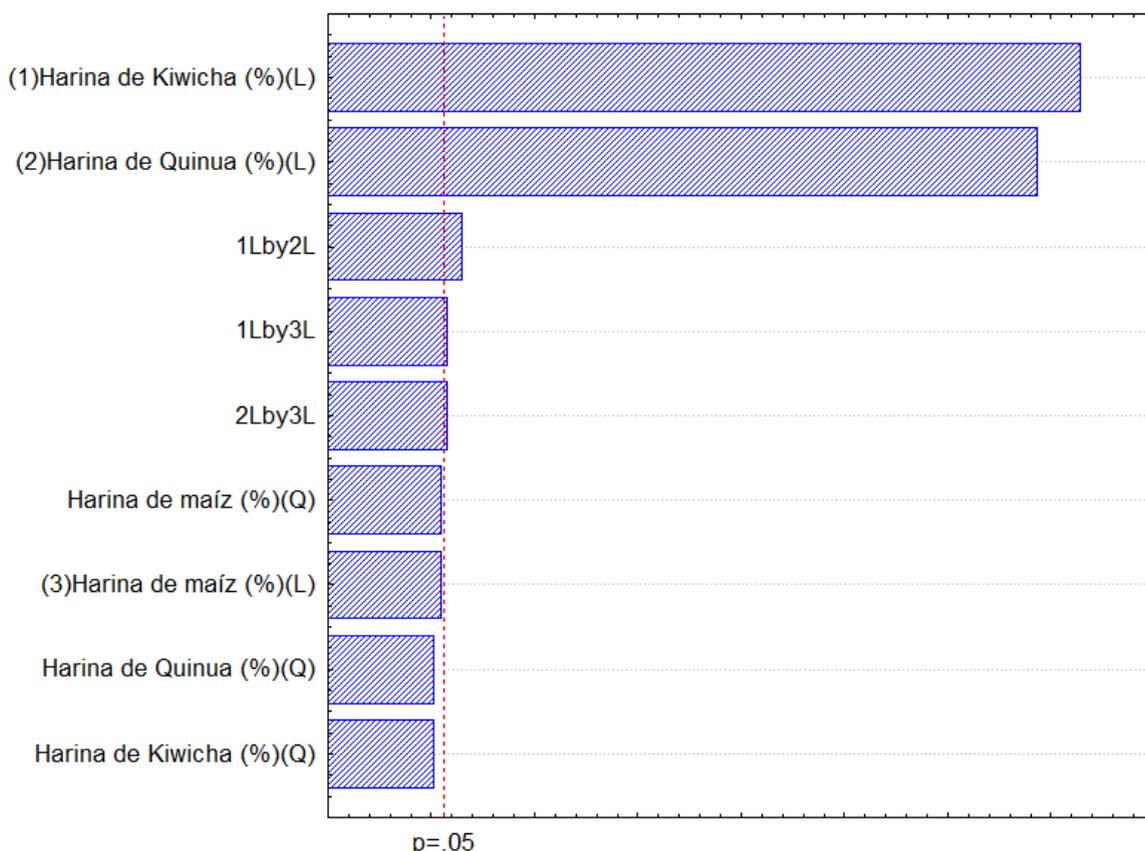


Figura 11: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la Lisina.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 19, se observa que el modelo que describe la respuesta Lisina en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 1220.8, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 19: Análisis de varianza para la respuesta para el aminoácido Lisina de las galletas fortificadas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (5,11;0.05)
Regresión	1757.97	5	351.59		
Residuos	0.97	11	0.09	3906.56	3.20
Total	1758.94	16	109.93		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la **ecuación 1**, que muestra la posibilidad de la lisina de ser estimado en función de la harina de kiwicha, harina de quinua y de harina maíz, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Lisina} = 97.01 + 8.28x_1 + 7.75x_2 - 0.50x_1.x_2 + 0.25x_1.x_3 + 0.25x_2.x_3 \dots(1)$$

Donde:

x_1 = Harina de kiwicha (%).

x_2 = Harina de quinua (%).

$x_1 * x_2$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de quinua.

$x_1 * x_3$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de maíz.

$x_2 * x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Así mismo, es posible construir superficies de respuestas para la lisina en función de las variables independientes, la cual se presenta en la figura 12.

Las superficies de respuestas mostradas en la figura 12 indican que se obtiene un mayor valor en el cómputo químico del aminoácido lisina cuando se adiciona mayores porcentajes de harina de kiwicha y quinua. Por otro lado la harina de maíz no tiene efecto o influencia significativa en la lisina.

De lo observado en la figura 12 se puede tomar como una región adecuada para posteriores investigaciones a los porcentajes de harina de kiwicha comprendidos entre 24 a 30%, harina de quinua de 16 a 20%.

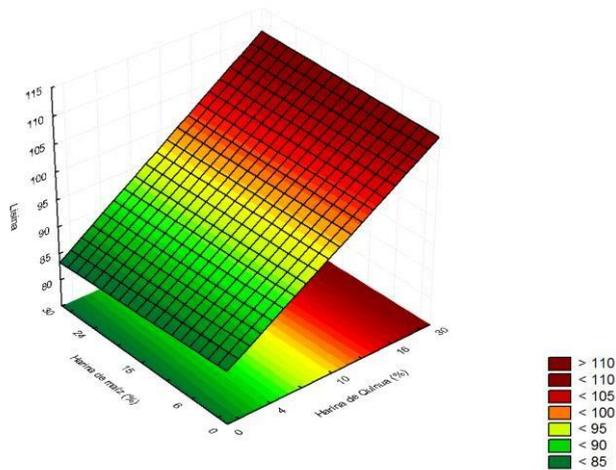
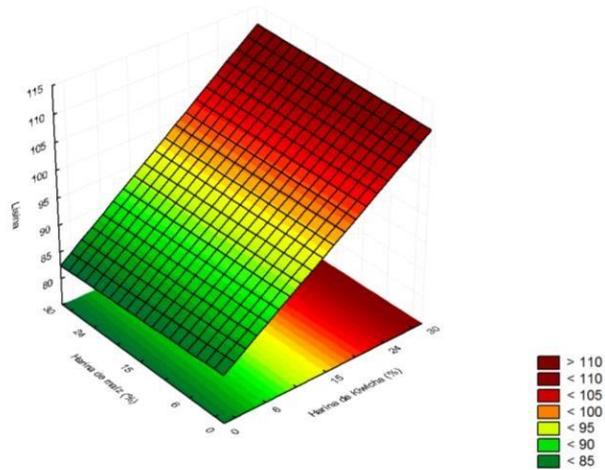
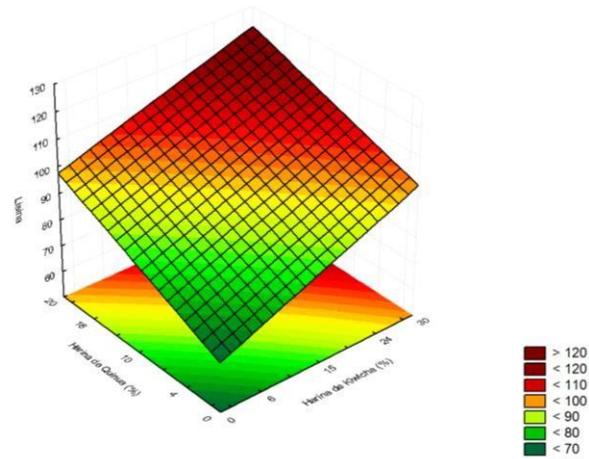


Figura 12: Superficies de respuesta para la lisina de las galletas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.2.2. Otros aminoácidos esenciales.

En cuanto al cómputo químico de los demás aminoácidos esenciales para las 17 formulaciones, todas sin excepción superaron el 100%. Por lo tanto, las mezclas o formulaciones de harinas contribuyen a superar la deficiencia de aquellas harinas que tienen aminoácidos limitantes en su composición. Tal es el caso de la harina de kiwicha que es deficiente en el aminoácido leucina (CAMPBELL ET AL., 1997).

4.3 Evaluación de la calidad de las galletas

4.3.1. Volumen específico

Tabla 20: Volumen específico de las galletas fortificadas

Ensayos	Harina de Kiwicha	Harina de Quinua	Harina de Maíz	Volumen Específico (ml/g)
1	-1	-1	-1	77.834
2	+1	-1	-1	65.134
3	-1	+1	-1	83.877
4	+1	+1	-1	77.137
5	-1	-1	+1	79.606
6	+1	-1	+1	69.766
7	-1	+1	+1	74.297
8	+1	+1	+1	71.636
9	-1.68	0	0	75.953
10	+1.68	0	0	66.138
11	0	-1.68	0	82.456
12	0	+1.68	0	78.809
13	0	0	-1.68	75.271
14	0	0	+1.68	73.515
15	0	0	0	75.635
16	0	0	0	75.589
17	0	0	0	74.452
Patrón	-	-	-	67.619

La **tabla 20** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y como valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio.

Como se puede observar en la **tabla 20**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de volumen específico entre 65.134 (Formulación 2) y 83.877 (Formulación 3); valores mínimos y máximo respectivamente.

Es importante mencionar que las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos (74.452 a 75.635 ml/g); lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes (**tabla 21**) y los efectos significativos para la variable en estudio (**figura 13**).

Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental o también llamado residuo); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de kiwicha (x_1) y Harina de quinua (x_2), Harina de kiwicha (x_1) y Harina de maíz (x_3), Harina de quinua (x_2) y Harina de maíz (x_3)

Tabla 21: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de las galletas fortificadas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(11)	p-valor
Media	75.61	1.26	59.83	<0.0001
X₁ (L)	-3.55	1.19	-5.98	0.0006
X₁ (Q)	-1.71	1.31	-2.61	0.0351
X₂ (L)	0.62	1.19	1.05	0.3301
X₂ (Q)	1.69	1.31	2.59	0.0362
X₃ (L)	-0.85	1.19	-1.44	0.1944
X₃ (Q)	-0.52	1.31	-0.79	0.4536
X₁.X₂	1.64	1.55	2.12	0.0719
X₁.X₃	0.87	1.55	1.12	0.3003
X₂.X₃	-2.69	1.55	-3.46	0.0105

x_1 =Harina de kiwicha, x_2 =harina de quinua, x_3 =harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia ($p < 0.10$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 10%, es decir que los términos que tengan una probabilidad menor a 0.10 serán significativos. Por lo tanto, de lo aseverado anteriormente se concluye que los términos significativos (ver tabla 21 y figura 13) en el estudio de la variable Volumen Específico; fueron el término lineal de harina de kiwicha, el término cuadrático de harina de kiwicha, el término cuadrático de harina de quinua y las interacciones de harina de quinua y harina de maíz; y harina de kiwicha y harina de quinua.

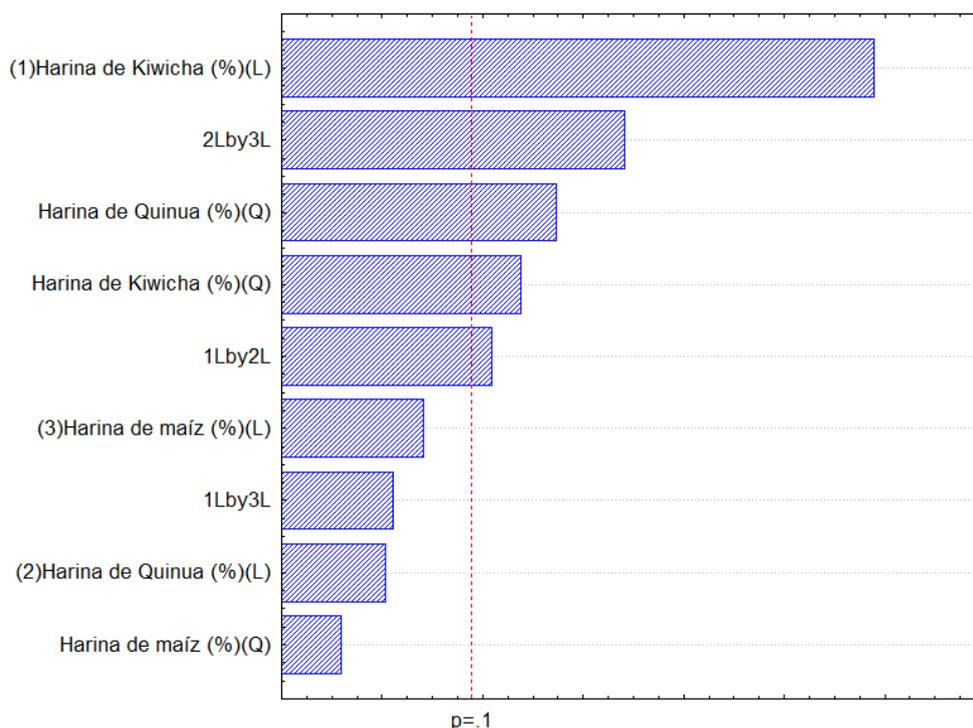


Figura 13: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Volumen Específico.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el delineamiento experimental completo fue de **91.61%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. De la misma manera al excluir de la **tabla 21**, los términos que no fueron significativos ($p > 0.10$); el nuevo valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental es de **85.58%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo o delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 17 formulaciones.

La **tabla 22** muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta Volumen específico. Del cuadro se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto, teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es adecuado; podemos concluir y construir un modelo ajustado codificado (**ecuación 2**) que relaciona el Volumen específico en función de las harinas de estudio.

Además, es posible construir superficies de respuestas para el volumen específico, la cual se presenta en la figura 14.

Tabla 22: Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico de las galletas fortificadas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (5, 11;0.10)
Regresión	343.52	5	68.70		
Residuos	57.90	11	5.26	13.06	2.45
Total	401.42	16	25.01		

$$\text{Volumen específico} = 75.61 - 3.55x_1 - 1.71x_1^2 + 1.69x_2^2 + 1.64x_1x_2 - 2.69x_2x_3 \dots (2)$$

Donde:

x_1 =Harina de kiwicha

x_2 = Harina de quinua

x_1*x_2 = Interacción de harina de kiwicha y harina de quinua.

x_2*x_3 = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Analizando las superficies de respuesta mostradas en la figura 14 podemos señalar que la harina de maíz (0 a 30%) no tuvo influencia estadísticamente significativa en la respuesta en estudio. Por el contrario al adicionar concentraciones de kiwicha (De 0-15%) se obtienen volúmenes específicos altos (mayores a 76ml/g) en las galletas.

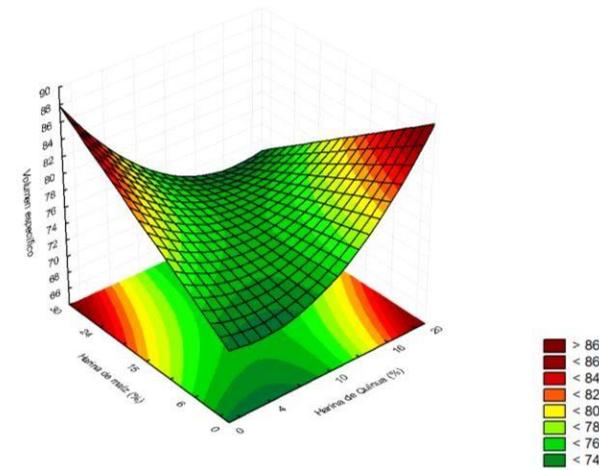
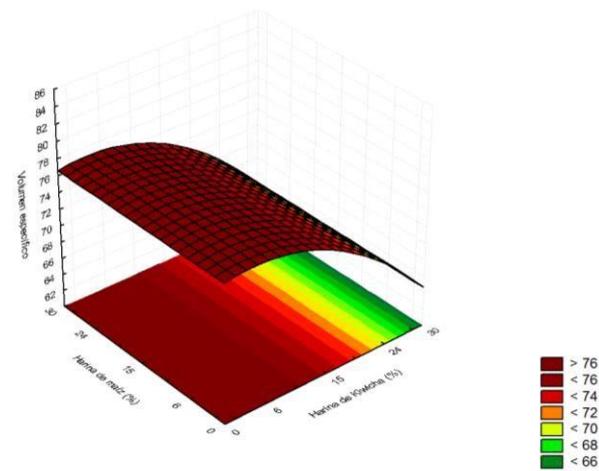
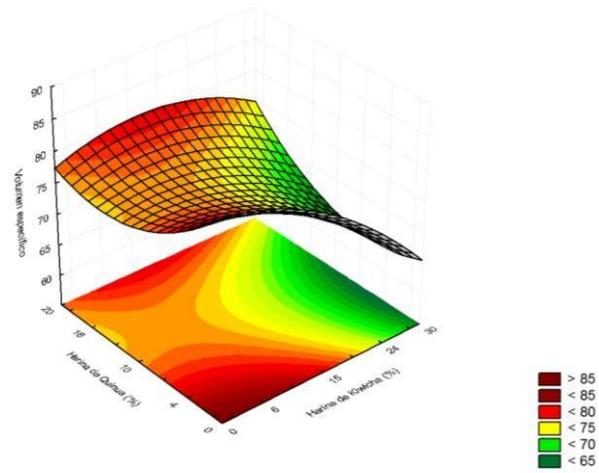


Figura 14. Superficies de respuesta para el volumen específico de las galletas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.3.2. Color de la corteza de la galleta.

La **tabla 23**, presenta los valores obtenidos de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de las galletas; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 23: Color de la corteza de las galletas fortificadas de acuerdo con el planeamiento experimental

Ensayos	Harina de Quinoa	Harina de Kiwicha	Harina de Maíz	Luminosidad (L*)	Cromacidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1	-1	-1	74.3	39.55	76.4
2	+1	-1	-1	64.32	35.33	69.01
3	-1	+1	-1	65.98	38.79	68.71
4	+1	+1	-1	62.1	35.69	68.8
5	-1	-1	+1	70.13	40.85	74.87
6	+1	-1	+1	69.3	43.01	76.43
7	-1	+1	+1	73.99	38.5	75.38
8	+1	+1	+1	68.91	42.2	73.18
9	-1.68	0	0	75.69	34.96	77.17
10	+1.68	0	0	67.13	40.54	76.57
11	0	-1.68	0	71.32	41.49	76.74
12	0	+1.68	0	70.83	40.18	78.4
13	0	0	-1.68	61.25	35.15	63.88
14	0	0	+1.68	67.24	40.26	64.51
15	0	0	0	68.78	37.45	76.86
16	0	0	0	68.69	37.55	76.61
17	0	0	0	68.9	37.02	76.19
Patrón	-	-	-	77.52	41.09	81.9

4.3.2.1. Luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas.

Los valores de luminosidad de las galletas fortificadas presentaron una tendencia al color blanco (**tabla 23**).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron relativa proximidad, lo que representa la realización de un buen proceso.

El término lineal de harina de kiwicha y harina de maíz, el término cuadrático de harina de maíz; así como la interacción de harina de quinua y maíz presentaron significancia estadística en la variable en estudio (**tabla 24 y figura 15**).

Por otro lado, el término lineal y cuadrático de harina de quinua (de 0-20%) no fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **93.82%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir del modelo el término cuadrático de harina de kiwicha, el término lineal de harina de quinua y las interacciones de harina de kiwicha con harina de quinua; y harina de kiwicha con maíz por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **84.21%**. Lo que indica un buen ajuste del delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 17 formulaciones.

Tabla 24: Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de la galleta.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(12)	p-valor
Media	68.81	0.86	80.01	<0.0001
X₁ (L)	-2.50	0.81	-6.19	0.0005
X₁ (Q)	0.86	0.89	1.94	0.0935
X₂ (L)	-0.58	0.81	-1.43	0.1954
X₂ (Q)	0.75	0.89	1.67	0.1381
X₃ (L)	1.88	0.81	4.66	0.0023
X₃ (Q)	-1.67	0.89	-3.76	0.0071
X₁.X₂	0.23	1.06	0.44	0.6745
X₁.X₃	0.99	1.06	1.88	0.1017
X₂.X₃	1.75	1.06	3.32	0.0128

x₁=Harina de kiwicha, x₂=harina de quinua, x₃=harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

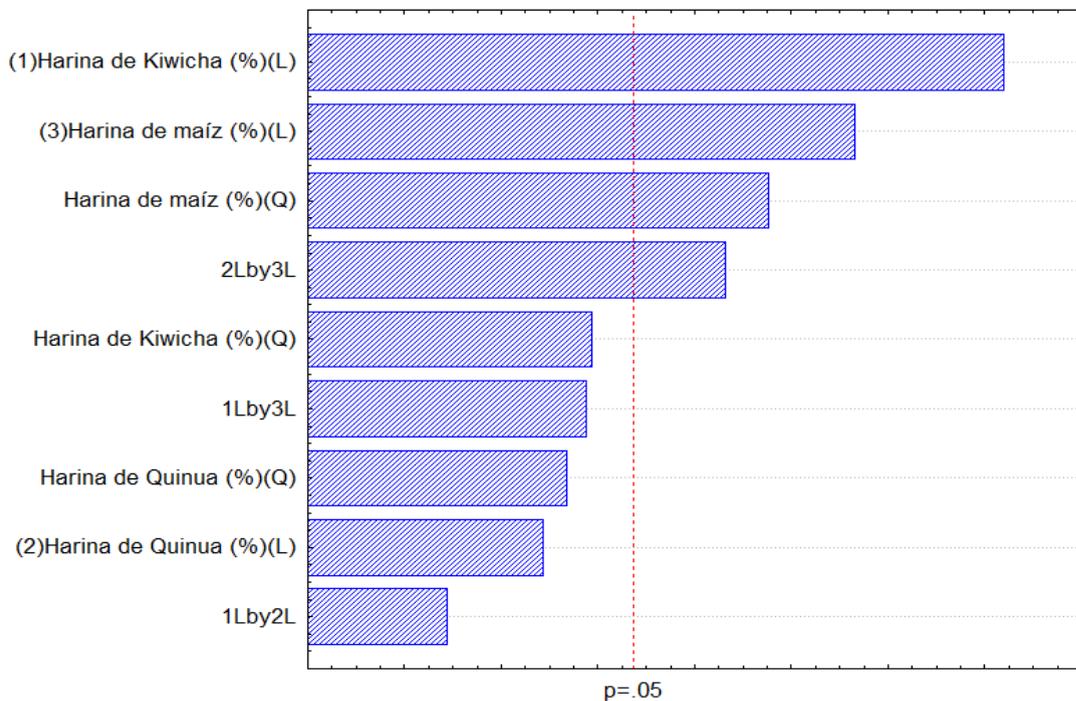


Figura 15: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas.

Tabla 25: Análisis de varianza para la respuesta luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 12;0.05)
Regresión	212.44	4	53.11		
Residuos	39.84	12	3.32	15.99	3.26
Total	252.28	16	15.78		

La **tabla 25** muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta luminosidad de la corteza de las galletas. De la tabla se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal).

Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es adecuado; podemos concluir y construir una ecuación de modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (**ecuación 3**) que relaciona la luminosidad en Función de las harinas de Kiwicha, quinua y maíz.

$$\text{Luminosidad} = 68.81 - 2.50 x_1 + 1.88x_3 - 1.67x_3^2 + 1.75x_2 \cdot x_3 \dots (3)$$

Donde:

x_1 =Harina de kiwicha

x_3 = Harina de maíz

$x_2 \cdot x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Así mismo, es posible construir superficies de respuestas para luminosidad en función de las variables independientes, las cuales se presentan en la **figura 16**.

Las superficies de respuesta obtenidas para la respuesta luminosidad de las galletas mostradas en la **figura 16**, indican que la harina de quinua no tiene influencia estadísticamente significativa y que al adicionar menores porcentajes de harina de Kiwicha (0 a 6%) y harina de maíz alrededor de 15% se obtiene mayores valores de luminosidad (mayores a 72); traduciéndose en galletas de tonalidad más clara.

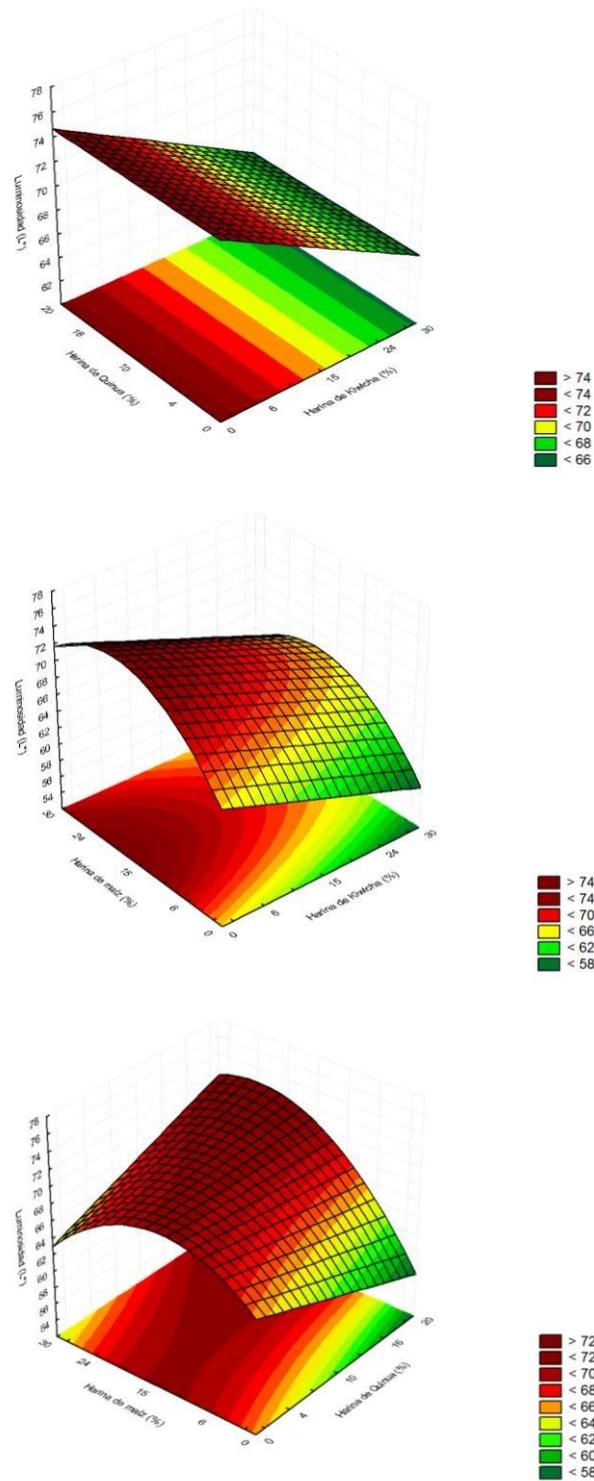


Figura 16. Superficies de respuesta para luminosidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.3.2.2. Cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas.

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron relativa proximidad, lo que representa la realización de un buen proceso (**tabla 23**).

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta cromacidad, que representa la saturación del color, **tabla 26 y figura 17**. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron el término cuadrático de harina de quinua, el término lineal de harina de maíz y la interacción de harina de kiwicha y harina de maíz.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **88.17%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **78.88%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la **tabla 27**, se observa que el modelo que describe la respuesta Cromacidad en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 4.74, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 26: coeficiente de regresión para la respuesta cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(11)	p-valor
Media	37.31	0.77	48.69	<0.0001
X₁ (L)	0.580	0.36	1.61	0.1513
X₁ (Q)	0.232	0.40	0.58	0.5776
X₂ (L)	-0.422	0.36	-1.17	0.2794
X₂ (Q)	1.325	0.40	3.34	0.0124
X₃ (L)	1.743	0.36	4.84	0.0019
X₃ (Q)	0.216	0.40	0.54	0.6035
X₁.X₂	0.332	0.47	0.71	0.5024
X₁.X₃	1.648	0.47	3.50	0.0100
X₂.X₃	-0.345	0.47	-0.73	0.4871

x₁=Harina de kiwicha, x₂=harina de quinua, x₃=harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

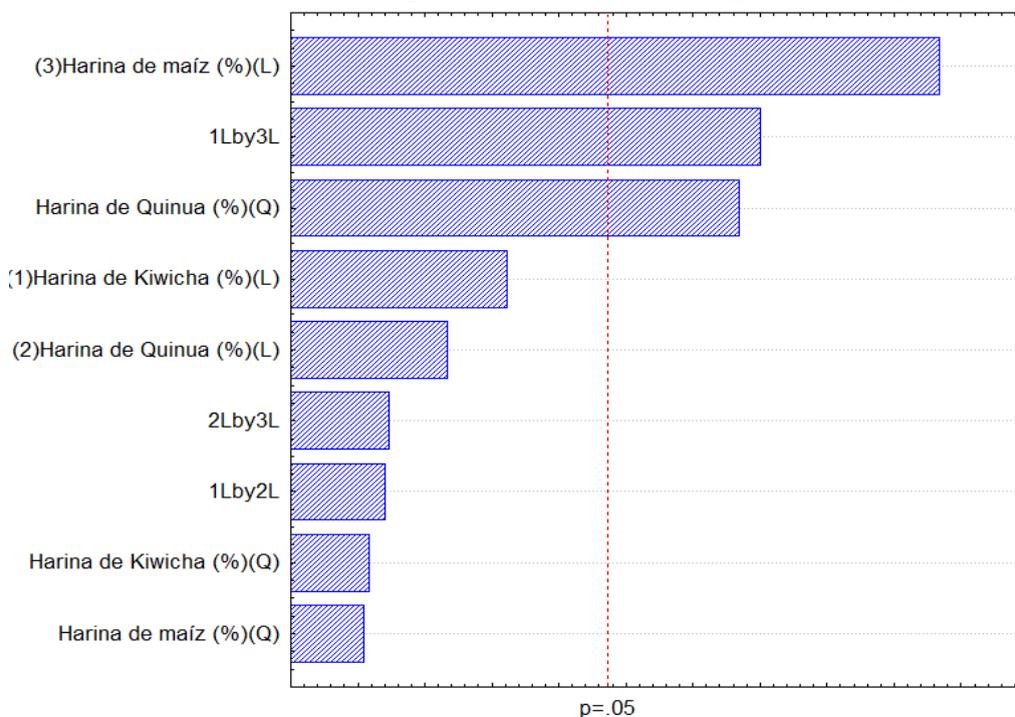


Figura 17: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza.

Tabla 27: Análisis de varianza para la respuesta cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 13;0.05)
Regresión	82.59	3	27.53		
Residuos	22.11	13	1.7	16.19	3.41
Total	104.70	16	6.54		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la **ecuación 4**, que muestra la posibilidad de la cromacidad de ser estimado en función de la harina de quinua, harina de maíz y de harina kiwicha, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Cromacidad} = 37.31 + 1.33x_2^2 + 1.74x_3 + 1.65x_1.x_3 \dots (4)$$

Donde:

x_2 = Harina de quinua

x_3 = Harina de maíz

$x_1 * x_3$ = Interacción de harina de Kiwicha y harina de maíz.

Así mismo, es posible construir superficies de respuestas para la cromacidad en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 18**.

La **figura 18** muestra las superficies de respuesta obtenidas para la respuesta cromacidad de las galletas. De las mismas se puede concluir que la harina de kiwicha no tuvo efecto lineal significativo. Además la adición de porcentajes de harina de maíz entre 0 y 6% y harina de quinua alrededor de 10%, generan valores bajos (menores a 35.6) cromacidad en las galletas.

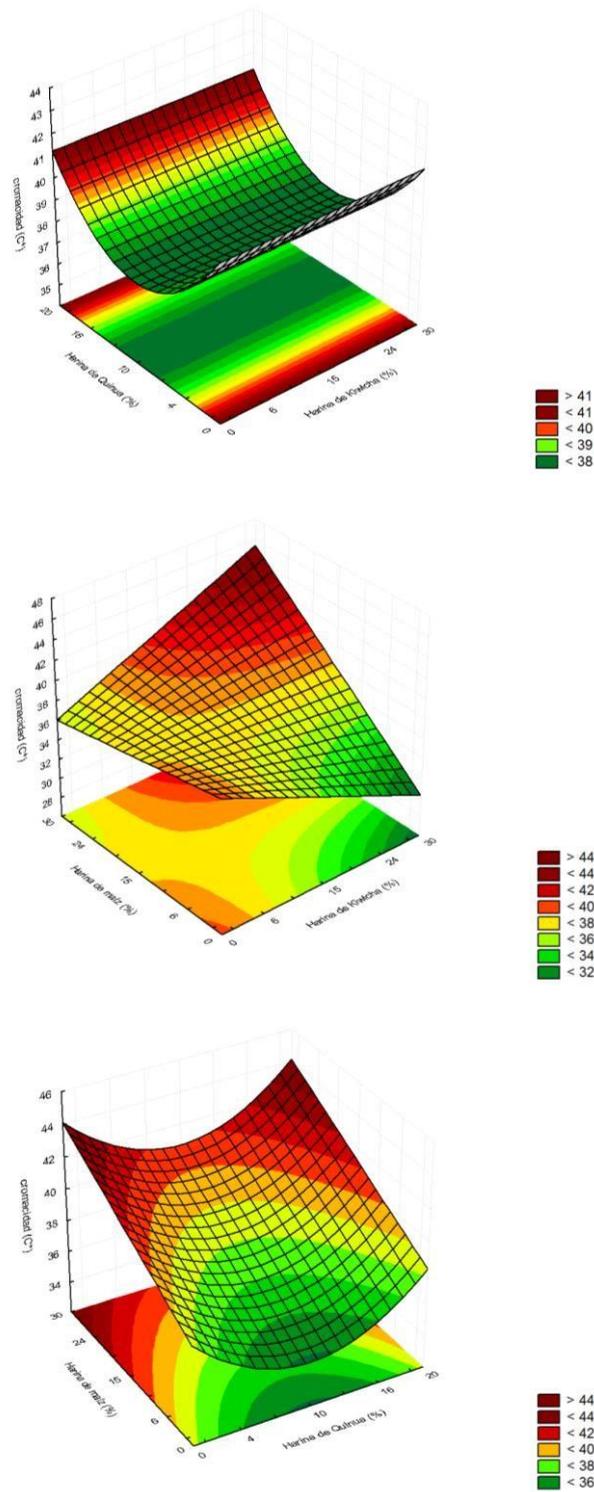


Figura 18. Superficies de respuesta para cromacidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.3.2.3. Ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas.

El ángulo de tonalidad (h) expresado en grados, define la coloración de los productos siendo, en este estudio 0 grados igual a a*, es decir color rojo y 90 grados igual a b*, es decir color amarillo. De forma general los valores reportados para el ángulo de tonalidad de la corteza presentan un rango de 64° a 77° (**tabla 23**)

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta ángulo de tonalidad, **tabla 28 y figura 19**. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término cuadrático de harina de maíz.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **87.98%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **74.54%**.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 29, se observa que el modelo que describe la respuesta Angulo de tonalidad de la corteza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 9.68, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 28: Coeficiente de regresión para el Ángulo de Tonalidad de la

corteza de las galletas fortificadas.

	Coefficiente de regresión	Error estándar	t(15)	p-valor
Media	76.54	1.41	54.44	<0.0001
X₁ (L)	-0.66	0.66	-0.99	0.3539
X₁ (Q)	0.16	0.73	0.22	0.8354
X₂ (L)	-0.58	0.66	-0.87	0.4126
X₂ (Q)	0.40	0.73	0.56	0.5953
X₃ (L)	1.32	0.66	2.00	0.0860
X₃ (Q)	-4.33	0.73	-5.96	0.0006
X₁.X₂	0.47	0.86	0.54	0.6066
X₁.X₃	0.83	0.86	0.96	0.3667
X₂.X₃	0.65	0.86	0.75	0.4790

x₁=Harina de kiwicha, x₂=harina de quinua, x₃=harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

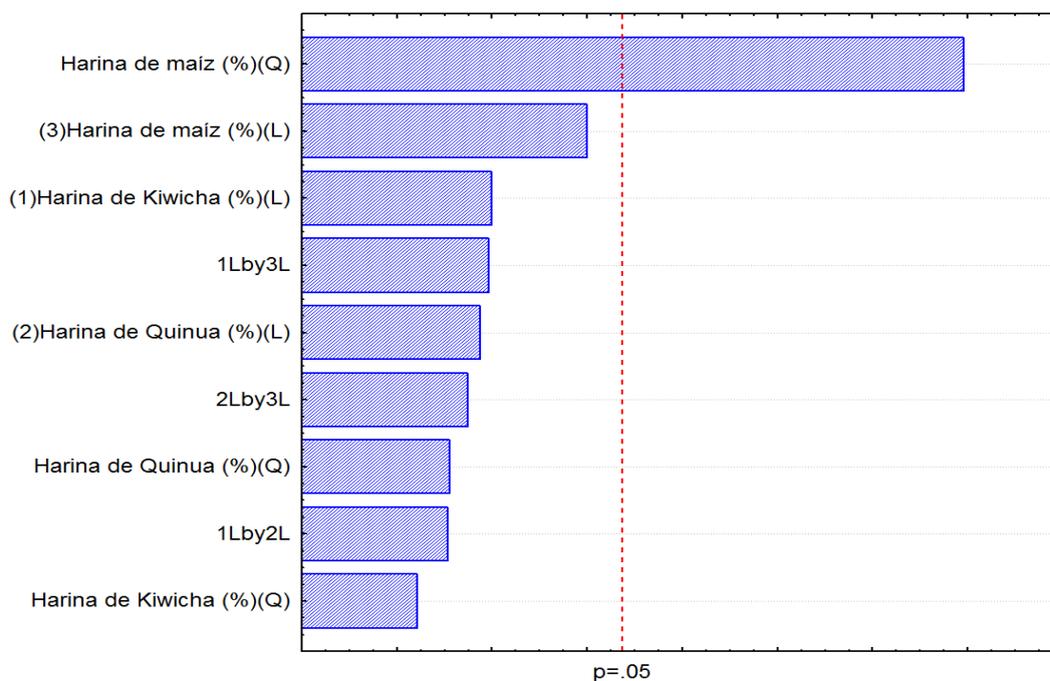


Figura 19: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza.

Tabla 29: Análisis de varianza para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1,15;0.05)
Regresión	258.39	1	258.39		
Residuos	88.27	15	5.88	43.94	4.54
Total	346.66	16	21.66		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la **ecuación 5**, que muestra la posibilidad del ángulo de tonalidad de ser estimado en función de la harina de quinua, harina de maíz y de harina kiwicha, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Ángulo de tonalidad} = 76.54 - 4.33x_3^2 \dots (5)$$

Donde:

$$X_3 = \text{Harina de maíz (\%)}$$

La **figura 20** muestra las superficies de respuestas obtenidas para el ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas. De estas se puede apreciar que la harina de quinua y kiwicha en los rangos evaluados de 0 a 20% y de 0 a 30% no tuvieron influencia estadísticamente significativa en el ángulo de tonalidad de las galletas.

Por otro la adición de harina de maíz alrededor de 15% otorga valores de ángulo de tonalidad mayores a 76°.

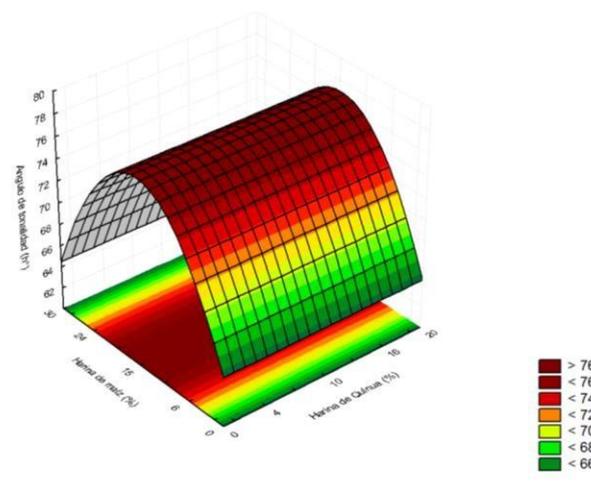
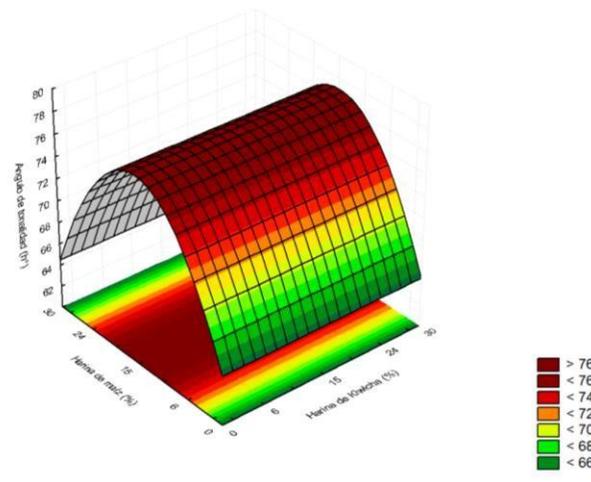
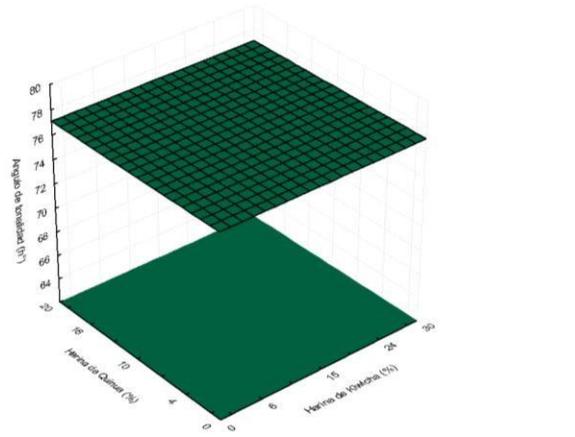


Figura 20: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la corteza de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.3.3. Textura instrumental.

Tabla 30: Textura instrumental de las galletas fortificadas

Ensayos	Harina de kiwicha	Harina de quinua	Harina de maíz	Textura instrumental (mJ)
1	-1	-1	-1	34.87
2	+1	-1	-1	21.63
3	-1	+1	-1	23.14
4	+1	+1	-1	9.99
5	-1	-1	+1	43.44
6	+1	-1	+1	25.75
7	-1	+1	+1	54.63
8	+1	+1	+1	56.97
9	-1.68	0	0	29.38
10	+1.68	0	0	18.24
11	0	-1.68	0	1.69
12	0	+1.68	0	21.39
13	0	0	-1.68	7.9
14	0	0	+1.68	70.25
15	0	0	0	56.51
16	0	0	0	54.2
17	0	0	0	55.02
Patrón	-	-	-	22.67

De forma general los valores reportados para la textura instrumental de la corteza presentan un rango de 1.69 a 70.25 mJ (**tabla 30**)

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta textura instrumental, **tabla 31 y figura 21**. Analizando estos efectos se observó que los parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos cuadráticos de harina de quinua y kiwicha, el término lineal de harina de maíz y la interacción de harina de kiwicha y maíz.

Tabla 31: Coeficiente de regresión para la textura instrumental de las galletas fortificadas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(15)	p-valor
Media	54.52	5.56	9.80	<0.0001
X₁(L)	-4.43	2.61	-1.69	0.1339
X₁(Q)	-8.70	2.88	-3.02	0.0193
X₂(L)	3.82	2.61	1.46	0.1872
X₂(Q)	-13.05	2.88	-4.53	0.0027
X₃(L)	14.36	2.61	5.49	0.0009
X₃(Q)	-3.29	2.88	-1.14	0.2902
X₁.X₂	2.52	3.41	0.74	0.4852
X₁.X₃	1.38	3.41	0.40	0.6981
X₂.X₃	8.22	3.41	2.41	0.0469

x₁=Harina de kiwicha, x₂=harina de quinua, x₃=harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

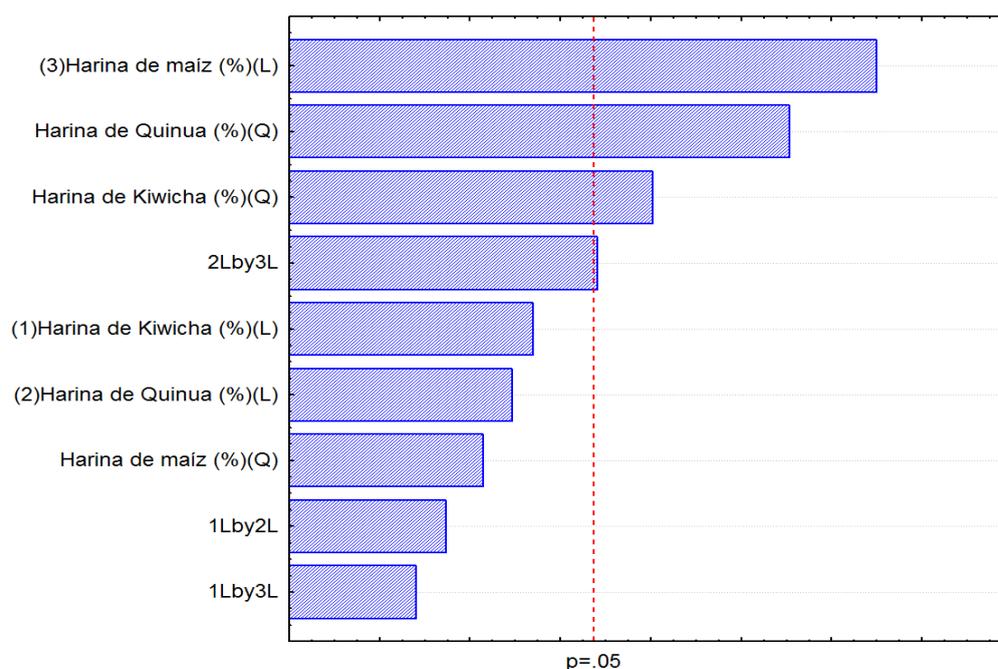


Figura 21: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de textura instrumental.

Tabla 32: Análisis de varianza para la respuesta textura instrumental de las galletas fortificadas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4,12;0.05)
Regresión	5472.73	4	1368.18		
Residuos	1307.50	12	108.96	12.56	3.26
Total	6780.23	16	423.76		

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **90.38%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos ($p>0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **80.72%**.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 32, se observa que el modelo que describe la respuesta Textura instrumental en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón F calculado/F tabulado fue de 3.85, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la **ecuación 6**, que muestra la posibilidad de la textura instrumental de ser estimado en función de la harina de quinua, harina de maíz y de harina kiwicha, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

Ecuación 6:

$$\text{Textura instrumental} = 54.52 - 8.70x_1^2 - 13.05x_2^2 + 14.36x_3 + 8.22x_2x_3 \dots (6)$$

Donde:

x_1 =Harina de kiwicha

x_2 = Harina de quinua

x_3 = Harina de maíz

$x_2 * x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

La **figura 22** muestra las superficies de respuestas obtenidas para la textura instrumental de las galletas. Dado que la primera superficie de respuesta representa la maximización de la textura instrumental, su máximo valor se obtendrá cuando se adicione 15% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 30% de harina de maíz como se ve en las siguientes superficies de respuesta.

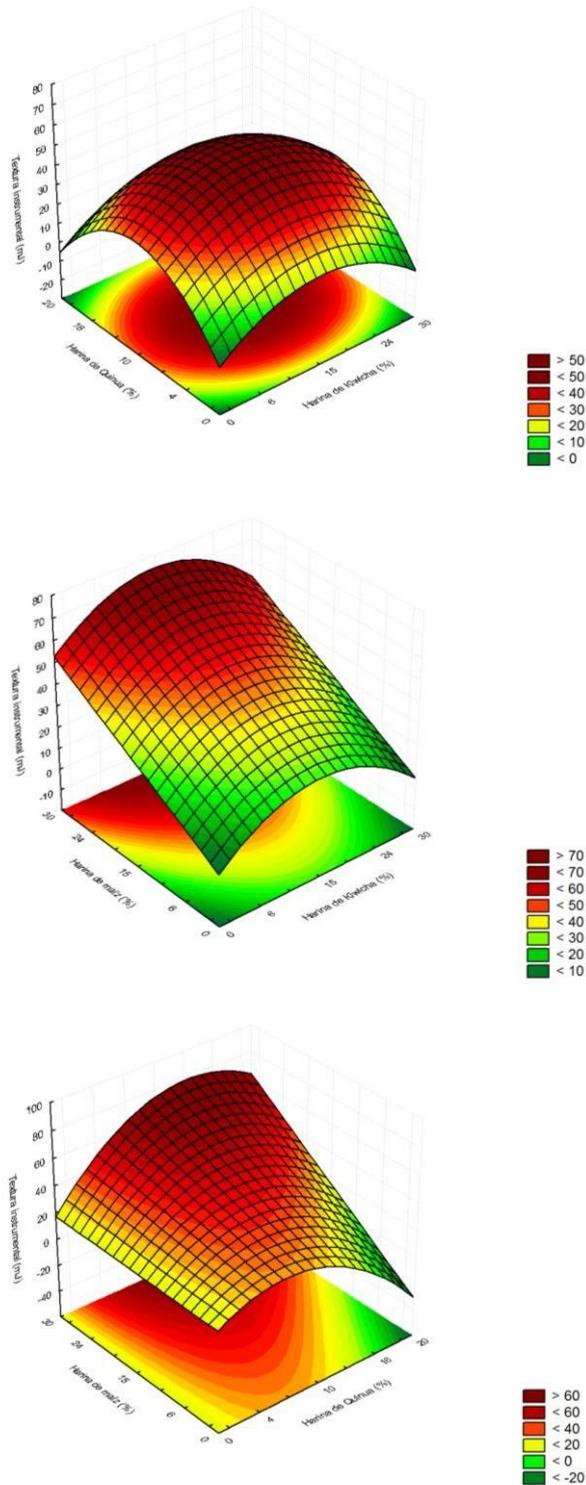


Figura 22. Superficies de respuesta para la textura instrumental de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinua (%) y Contenido de harina de maíz (%).

4.4 Evaluación sensorial.

La **tabla 33** muestra las respuestas obtenidas en el análisis sensorial de los ensayos del diseño experimental.

Tabla 33: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de las galletas fortificadas.

Ensayos	Harina de kiwicha	Harina de quinua	Harina de maíz	Apariencia general	Aroma	Textura	Color	Sabor	Intención de compra
1	-1	-1	-1	6.4	6.3	6	6.6	6.1	3.5
2	+1	-1	-1	5.5	5.3	5.5	5.3	5.8	3.4
3	-1	+1	-1	5.1	5.8	5.7	5.1	5.4	2.8
4	+1	+1	-1	5.4	6	5.2	5.2	5.5	3.1
5	-1	-1	+1	6.4	6.1	6.2	7	6.4	3.9
6	+1	-1	+1	6.1	6	5.2	6.3	6.3	3.5
7	-1	+1	+1	6.8	6.4	6.3	6.7	6.5	3.8
8	+1	+1	+1	6	6	5.7	6	6	3.3
9	-1.68	0	0	7	6.8	6.6	6.8	6.7	3.9
10	+1.68	0	0	6	5.7	6	6.1	6.4	3.4
11	0	-1.68	0	6.2	5.9	6.1	6.2	5.9	3.4
12	0	+1.68	0	6.4	6.2	5.7	6.4	6.1	3.6
13	0	0	-1.68	5	5.6	5.6	5.8	6	3.6
14	0	0	+1.68	5.2	5.3	5.5	5.4	5.6	3.1
15	0	0	0	6.6	6.6	6.3	6.4	6.7	3.3
16	0	0	0	6.5	6.6	6.2	6.4	6.7	3.8
17	0	0	0	6.5	6.6	6.2	6.4	6.6	3.6
Patrón	-	-	-	7.4	7.5	6.7	6.7	7.1	4.2

4.4.1. Apariencia de la corteza de la galleta.

La tabla 33 muestra los resultados de apariencia general para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra a los ensayos 7 (6% de harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) y 9 (0% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

Los ensayos con condición de punto central (15, 16 y 17) presentaron igualdad en las respuestas, lo que indica la buena repetitividad del proceso. Cabe mencionar que las respuestas se obtuvieron del promedio de las 30 apreciaciones de los panelistas en el análisis sensorial realizado.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta apariencia de la corteza, tabla 34 y figura 23. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fue el término lineal de harina de kiwicha, el término lineal de harina de maíz y el término cuadrático de harina de maíz que es altamente significativo.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **86.25%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 que se presenta para el modelo ajustado es de **76.87%**.

Tabla 34: Coeficientes de regresión para la respuesta apariencia de

la corteza de las galletas.

	Coefficiente de regresión	Error estándar	t(13)	p-valor
Media	6.53	0.20	32.97	<0.0001
X₁ (L)	-0.25	0.09	-2.66	0.0324
X₁ (Q)	-0.00	0.10	-0.05	0.9641
X₂ (L)	-0.06	0.09	-0.60	0.5664
X₂ (Q)	-0.08	0.10	-0.74	0.4846
X₃ (L)	0.24	0.09	2.55	0.0382
X₃ (Q)	-0.50	0.10	-4.88	0.0018
X₁.X₂	0.09	0.12	0.72	0.4949
X₁.X₃	-0.06	0.12	-0.51	0.6229
X₂.X₃	0.21	0.12	1.75	0.1239

x₁=Harina de kiwicha, x₂=Harina de quinua, x₃=Harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

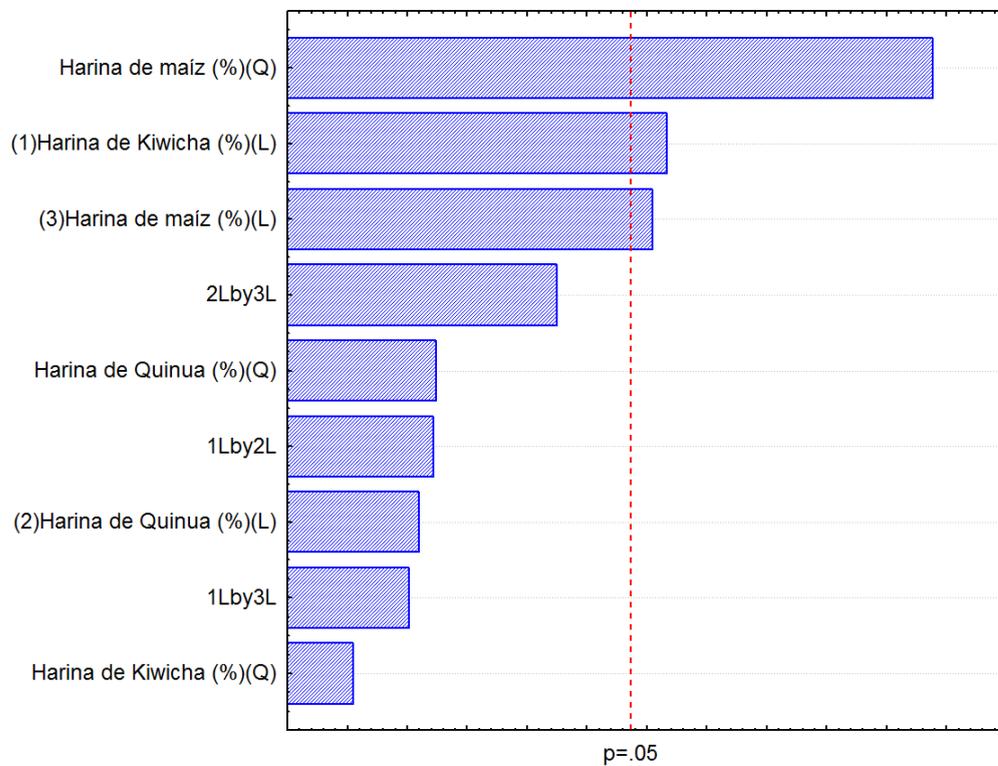


Figura 23: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia general

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 35, se observa que el modelo que describe la respuesta apariencia general en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 4.11, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 35: Análisis de varianza para la respuesta apariencia de la corteza de las galletas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3,13;0.05)
Regresión	4.63	3	1.54		
Residuos	1.39	13	0.11	14	3.41
Total	6.02	16	0.38		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo de variables codificadas representado en la ecuación 7, que muestra la posibilidad de la apariencia de la corteza de ser estimado en función de la harina de quinua, harina de maíz y de harina kiwicha, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Apariencia} = 6.53 - 0.25x_1 + 0.24x_3 - 0.50x_3^2 \dots \text{ (7)}$$

Donde:

X_1 = Harina de kiwicha (%).

X_3 = Harina de maíz (%).

Así mismo, es posible construir superficies de respuestas para la apariencia general en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 24**.

A través de las superficies de respuestas (figura 24) se puede verificar que la harina de quinua no tiene influencia estadísticamente significativa en la apariencia general de las galletas. Por el contrario la harina de kiwicha y maíz tuvieron influencia significativa en la respuesta en estudio.

La adición de harina de kiwicha en un rango de 0 a 6% y harina de maíz alrededor

de 15% otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores 6.4, según de la escala hedónica establecida.

Figura 24. Superficies de respuesta para la apariencia de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinua (%) y Contenido de harina de Maíz (%).

4.4.2. Aroma.

La tabla 33 muestra los resultados de aroma sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra a los ensayos 9 (0% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) y los puntos centrales (15% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta Aroma, presentados en la tabla 36. Analizando estos efectos se observó que los únicos parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 25) fueron el término lineal de harina de kiwicha y el término cuadrático de harina de maíz que es altamente significativo. En tanto, el modelo matemático y las superficies de respuesta no fueron considerados, pues al ignorar los efectos no significativos, el coeficiente de determinación ($r^2 = 64.21\%$) presento un valor bajo.

El coeficiente de determinación (r^2) para el modelo completo fue de 81.80%. El modelo completo de segundo orden para la aceptación del aroma de las galletas fortificadas se encuentra en la ecuación 8.

$$\text{Aroma} = 6.59 - 0.46x_1 - 0.20x_1^2 + 0.15x_2 - 0.34x_2^2 + 0.09x_3 - 0.76x_3^2 + 0.22x_1x_2 + 0.08x_1x_3 + 0.03x_2x_3 \dots \quad (8)$$

Donde:

x_1 = Harina de kiwicha

x_2 = Harina de quinua

x_3 = Harina de maíz

$x_1 * x_2$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de

quinua. $x_1 * x_3$ = Interacción de harina de kiwicha y harina

de maíz. $x_2 * x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Tabla 36: Coeficientes de regresión para la respuesta aroma de las galletas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(13)	p-valor
Media	6.59	0.17	39.58	<0.0001
X₁ (L)	-0.46	0.16	-2.95	0.0214
X₁ (Q)	-0.20	0.17	-1.14	0.2903
X₂ (L)	0.15	0.16	0.94	0.3784
X₂ (Q)	-0.34	0.17	-1.97	0.0901
X₃ (L)	0.09	0.16	0.56	0.5942
X₃ (Q)	-0.76	0.17	-4.43	0.0030
X₁.X₂	0.22	0.20	1.10	0.3074
X₁.X₃	0.08	0.20	0.37	0.7245
X₂.X₃	0.03	0.20	0.12	0.9061

x₁=Harina de kiwicha, x₂=Harina de quinua, x₃=Harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

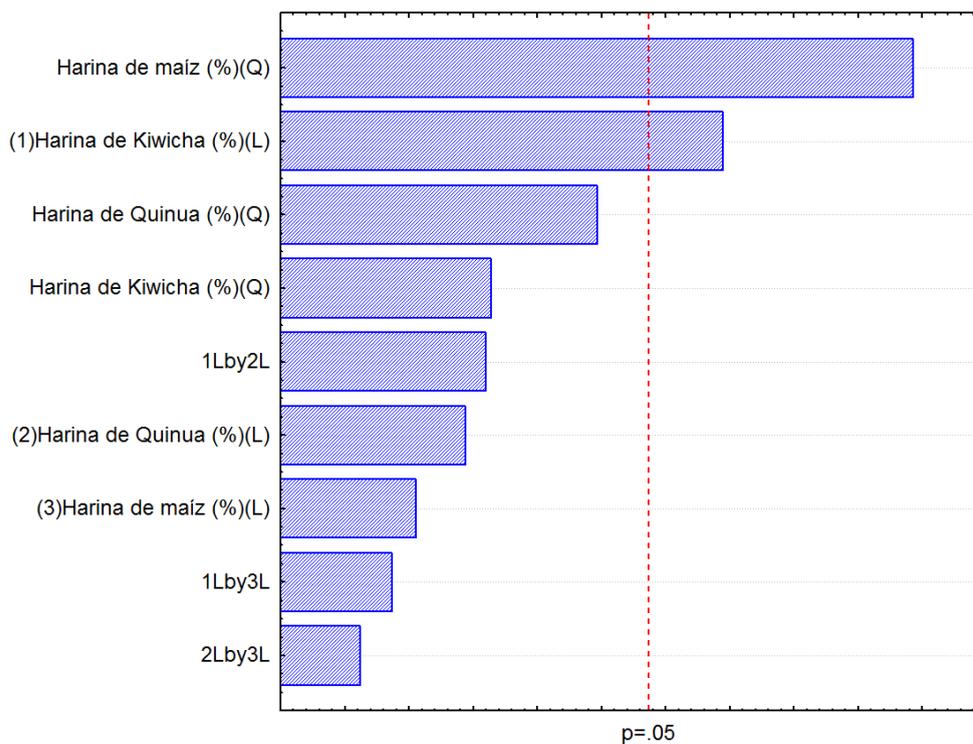


Figura 25: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma

4.4.3. Textura.

La tabla 33 muestra los resultados de apariencia general para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra a los ensayos 7 (6% de harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) y 9 (0% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de la respuesta textura, tabla 37. Analizando estos efectos se observó que los parámetros que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 19) fue el término cuadrático de harina de quinua. Por su parte los términos lineales de harina kiwicha y cuadrático de harina de maíz fueron altamente significativos.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **87.99%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 que se presenta para el modelo ajustado es de **75.47%**.

Tabla 37: Coeficientes de regresión para la respuesta textura de las galletas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t(13)	p-valor
Media	6.24	0.12	50.89	<0.0001
X₁ (L)	-0.26	0.06	-4.59	0.0025
X₁ (Q)	-0.01	0.06	-0.23	0.8236
X₂ (L)	-0.05	0.06	-0.85	0.4213
X₂ (Q)	-0.16	0.06	-2.46	0.0433
X₃ (L)	0.06	0.06	1.06	0.3254
X₃ (Q)	-0.28	0.06	-4.41	0.0031
X₁.X₂	0.05	0.08	0.66	0.5279
X₁.X₃	-0.07	0.08	-1.00	0.3524
X₂.X₃	0.15	0.08	1.99	0.0866

x₁=Harina de kiwicha, x₂=Harina de quinua, x₃=Harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

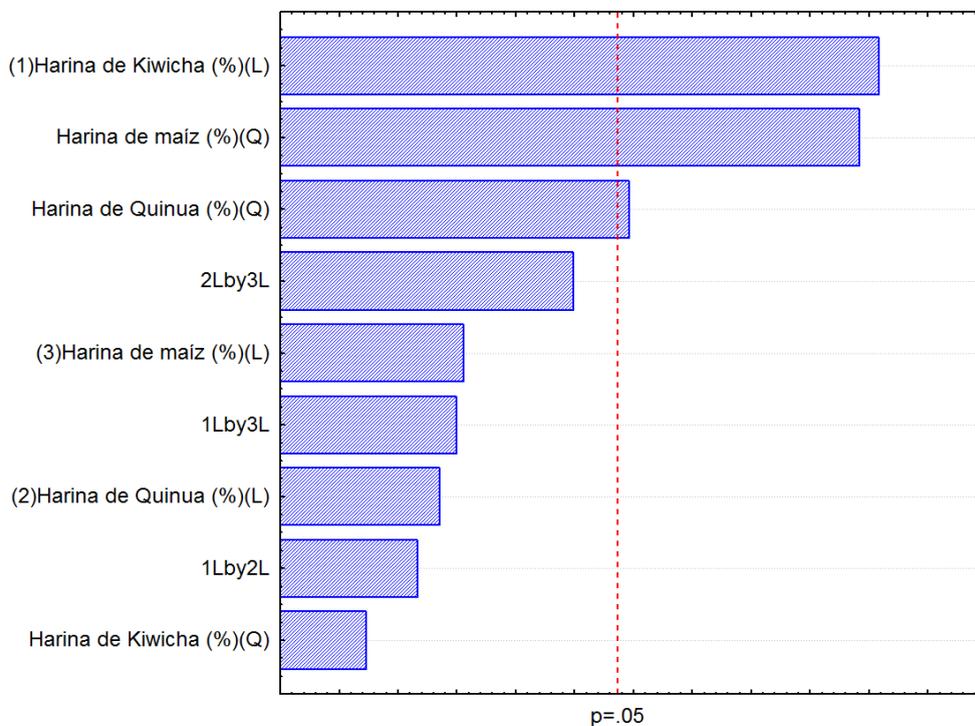


Figura 26: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 38, se observa que el modelo que describe la respuesta textura en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y la razón $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$ fue de 3.87, permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

Tabla 38: Análisis de varianza para la respuesta textura de las galletas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3,13;0.05)
Regresión	1.99	3	0.66		
Residuos	0.65	13	0.05	13.2	3.41
Total	2.64	16	0.17		

Dado los resultados de análisis de varianza, podemos obtener un modelo de variables codificadas para la textura, presentado en la siguiente ecuación:

$$\text{Textura} = 6.24 - 0.26x_1 - 0.16x_2^2 - 0.28x_3^2 \dots \text{(9)}$$

Donde:

X_1 = Harina de kiwicha (%).

X_2 = Harina de quinua (%).

X_3 = Harina de maíz (%).

Así mismo, es posible construir superficies de respuestas para la textura en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 27**.

A través de las superficies de respuestas (figura 27) se puede verificar que la última superficie de respuesta representa la maximización de la textura sensorial. Lo que indica que al adicionar 10% de harina de quinua, 15% de harina de maíz se obtendrá la mayor aceptación por parte de los panelistas. Por otro las demás superficies de respuestas indican que para que la textura de la galleta goce de la mayor aceptación no debe adicionarse harina de kiwicha.

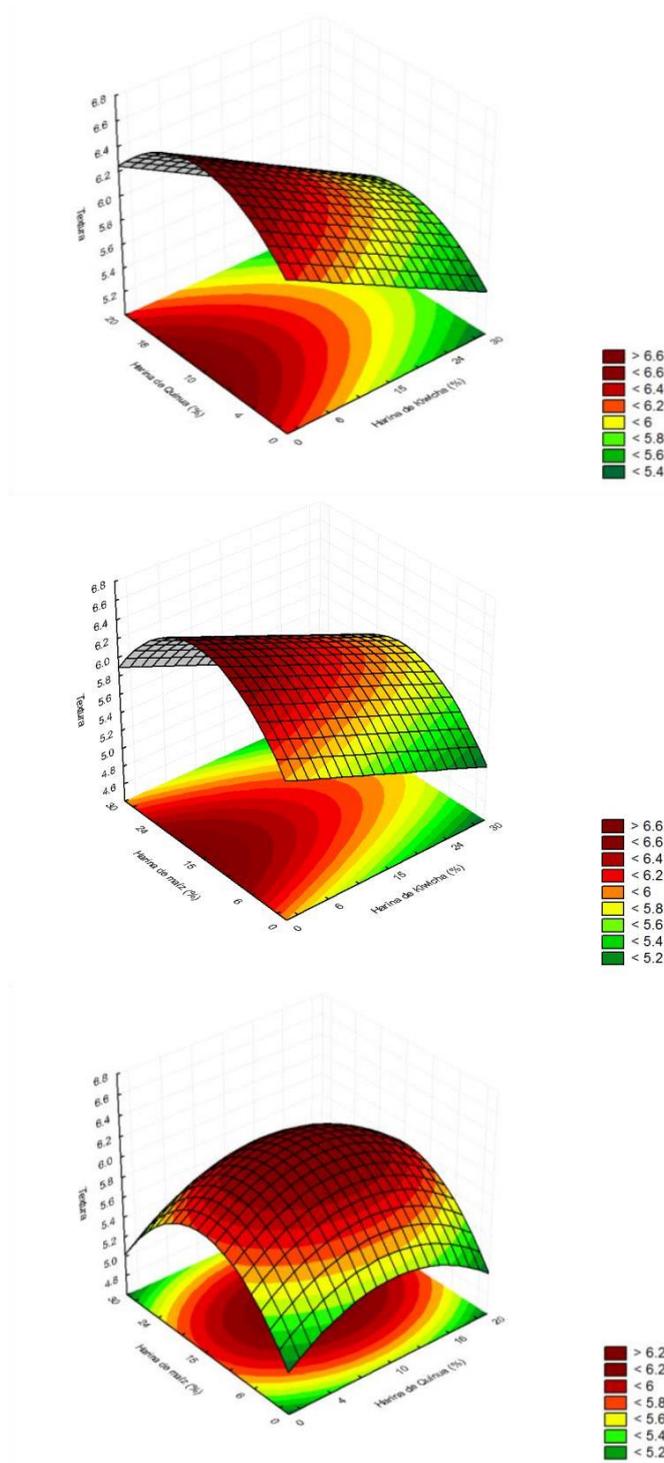


Figura 27. Superficies de respuesta para la textura de las galletas fortificadas en función de: Contenido de harina de Kiwicha (%), Contenido de harina de Quinoa (%) y Contenido de harina de maíz (%).

4.4.4. Color.

La tabla 33 muestra los resultados del color sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra a los ensayos 7 (6% de harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) y 9 (0% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta Color, presentados en la tabla 39. Analizando estos efectos se observó que no hubo término significativo para ninguna variable (ver figura 28). Por tanto, el modelo matemático y las superficies de respuesta no fueron considerados debido que el coeficiente de determinación ($r^2=65.51\%$) presento un valor bajo.

En tanto, el modelo completo de segundo orden para la aceptación del color de las galletas fortificadas se encuentra en la ecuación 10. Este comportamiento se debe a que el promedio de las puntuaciones realizada por los 30 panelistas para cada formulación, en cuanto a la variable color, presento valores muy próximos entre sí; independientemente de la adición de harina de kiwicha, quinua y maíz.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para el color, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de kiwicha, maíz y quinua, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final. De lo mencionado anteriormente solo se puede señalar la ecuación de modelo completo para el color sensorial de las galletas.

$$\text{Color} = 6.40 - 0.28x_1 - 0.01x_1^2 - 0.14x_2 - 0.05x_2^2 + 0.23x_3 - 0.29x_3^2 + 0.18x_1x_2 - 0.03x_1x_3 + 0.13x_2x_3 \dots \text{ (10)}$$

Donde:

x_1 =Harina de kiwicha

x_2 = Harina de quinua

x_3 = Harina de maíz

$x_1 * x_2$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de quinua.

$x_1 * x_3$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de maíz.

$x_2 * x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Tabla 39: Coeficientes de regresión para la respuesta color de las galletas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	t	p-valor
Media	6.40	0.29	21.65	<0.0001
X₁ (L)	-0.28	0.14	-1.99	0.0868
X₁ (Q)	0.01	0.15	0.01	0.9938
X₂ (L)	-0.14	0.14	-0.98	0.3585
X₂ (Q)	-0.05	0.15	-0.34	0.7445
X₃ (L)	0.23	0.14	1.65	0.1431
X₃ (Q)	-0.29	0.15	-1.96	0.0910
X₁.X₂	0.18	0.18	0.96	0.3672
X₁.X₃	-0.03	0.18	-0.14	0.8943
X₂.X₃	0.13	0.18	0.69	0.5133

x_1 =Harina de kiwicha, x_2 =Harina de quinua, x_3 =Harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

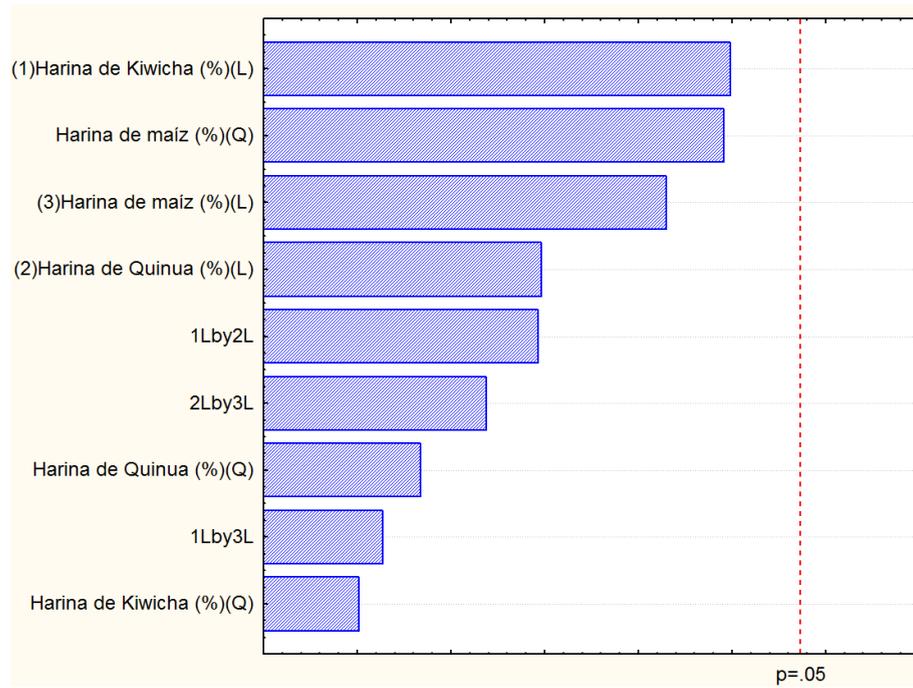


Figura 28: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta color.

4.4.5. Sabor

La tabla 33 muestra los resultados del color sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 33 muestra a los ensayos 7 (6% de harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) y 9 (0% de harina de kiwicha, 10% de harina de quinua y 15% de harina de maíz) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta Sabor, presentados en la tabla 40. Analizando estos efectos se observó que los términos cuadráticos de harina de quinua y harina de maíz fueron estadísticamente significativos (ver figura 29). Pero debido a que el coeficiente de determinación ($r^2=52.67\%$) presento un valor bajo al excluir a los términos no significativos no se puede concluir en un modelo matemático y superficies de respuesta.

El coeficiente de determinación (r^2) para el modelo completo fue de 71.22%. El modelo completo de segundo orden para la aceptación del aroma de las galletas fortificadas se encuentra en la ecuación 11.

$$\text{Sabor} = 6.67 - 0.09x_1 - 0.06x_1^2 - 0.06x_2 - 0.25x_2^2 + 0.13x_3 - 0.33x_3^2 + 0.01x_1x_2 - 0.05x_1x_3 + 0.10x_2x_3 \dots (11)$$

Donde:

x_1 =Harina de kiwicha

x_2 = Harina de quinua

x_3 = Harina de maíz

$x_1 * x_2$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de quinua.

$x_1 * x_3$ = Interacción de harina de kiwicha y harina de maíz.

$x_2 * x_3$ = Interacción de harina de quinua y harina de maíz.

Tabla 40: Coeficientes de regresión para la respuesta sabor de las galletas.

	Coeficiente de regresión	Error estándar	T	p-valor
Media	6.67	0.19	33.53	<0.0001
X₁ (L)	-0.09	0.09	-1.02	0.3407
X₁ (Q)	-0.06	0.10	-0.58	0.5807
X₂ (L)	-0.06	0.09	-0.68	0.5199
X₂ (Q)	-0.25	0.10	-2.47	0.0428
X₃ (L)	0.13	0.09	1.35	0.2177
X₃ (Q)	-0.33	0.10	-3.16	0.0159
X₁.X₂	0.01	0.12	0.01	1.0000
X₁.X₃	-0.05	0.12	-0.41	0.6944
X₂.X₃	0.10	0.12	0.82	0.4398

x_1 =Harina de kiwicha, x_2 =Harina de quinua, x_3 =Harina de maíz, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

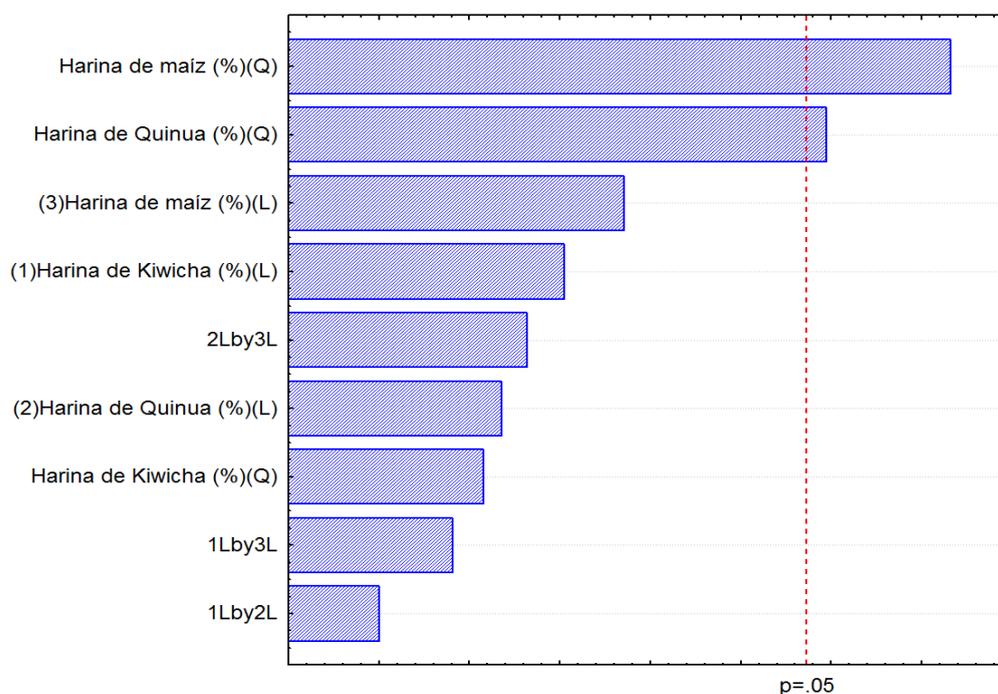


Figura 29: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor.

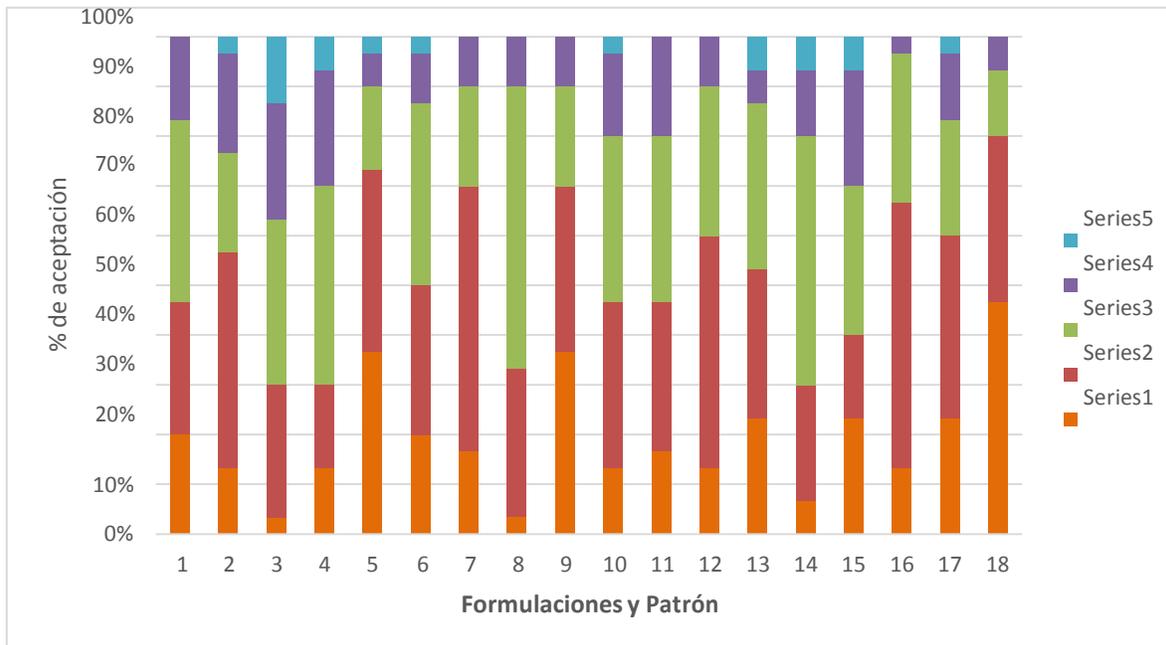
La galleta como el pan no tiene un mono-sabor, este cambiara de acuerdo al producto y al gusto del cliente. No obstante, es necesario saber que en todo el proceso del pan hay etapas que se forma el sabor del producto. **(Revista Panera, 2012).**

4.4.6. Intención de compra.

La tabla 33 muestra los promedios de intención de compra para cada formulación del delineamiento experimental. Así mismo se presenta a continuación en la tabla 41 los porcentajes obtenidos de los panelistas en la evaluación de Intención de Compra para cada formulación, de acuerdo a la escala hedónica de los panelistas.

Tabla 41: Intención de compra de las galletas para cada formulación del DCCR.

Porcentajes por escala hedónica del total de 30 panelistas																			
Escala hedónica / Formulaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Patrón	
Ciertamente Compraría	5	20.0	13.3	3.3	13.3	36.7	20.0	16.7	3.3	36.7	13.3	16.7	13.3	23.3	6.7	23.3	13.3	23.3	46.7
Probablemente Compraría	4	26.7	43.3	26.7	16.7	36.7	30.0	53.3	30.0	33.3	33.3	30.0	46.7	30.0	23.3	16.7	53.3	36.7	33.3
Tal vez compraría / tal vez no compraría	3	36.7	20.0	33.3	40.0	16.7	36.7	20.0	56.7	20.0	33.3	33.3	30.0	33.3	50.0	30.0	30.0	23.3	13.3
Probablemente no Compraría	2	16.7	20.0	23.3	23.3	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	16.7	20.0	10.0	6.7	13.3	23.3	3.3	13.3	6.7
Ciertamente no Compraría	1	0.0	3.3	13.3	6.7	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	6.7	6.7	6.7	0.0	3.3	0.0
		100																	



***Serie 5: Ciertamente no compraría, Serie 4: Probablemente no compraría, Serie 3: Tal vez compraría/ tal vez no compraría, Serie 2: Probablemente compraría, Serie 1: Ciertamente compraría. * Patrón (18)**

Figura 30: Intención de compra de las galletas.

Puede verificarse en general, que los consumidores presentaron una buena intención de compra para las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha, quinua y maíz.

Dentro de las 18 formulaciones evaluadas, las muestras 5,7 y 9 presentaron mayores índices ($\geq 70\%$) en las escalas 4 (Probablemente compraría) y 5 (Ciertamente compraría). Muy cercano a la intención de compra del patrón (80%) para las escalas 4 y 5.

4.5 Determinación de efectos de las variables independientes en las respuestas estudiadas.

En la tabla 42 se muestra la incidencia que tuvo cada término e interacción de las variables independientes en las respuestas o variables dependientes estudiadas. Por lo tanto, se ha recopilado toda la información mostrada anteriormente.

De la tabla 42 se puede rescatar lo siguiente:

- a)** La harina de kiwicha tiene influencia y efectos significativos en todas las variables respuestas estudiadas excepto para las respuestas cromacidad, ángulo de tonalidad, color y sabor.

- b)** La harina de quinua tiene influencia y efectos significativos en todas las variables respuestas estudiadas excepto para las respuestas luminosidad, ángulo de tonalidad, apariencia, aroma y color.

- c)** La harina de maíz no tiene influencia significativa en las variables respuestas Lisina, volumen específico y color.

- d)** Las mezclas de harinas tuvieron efectos significativos en las respuestas lisina, volumen específico, luminosidad, cromacidad y textura.

Tabla 42. Efectos significativos de las variables independientes para todas las respuestas

VARIABLES INDEPENDIENTES E INTERACCIONES	EFECTOS											
	Términos/Variables dependientes	Lisina	Volumen específico	Luminosidad	Cromacidad	Angulo de tonalidad	Textura instrumental	Apariencia general	Aroma	Textura	Color	Sabor
 Harina de kiwicha	Lineal	+	-	-				-	-	-		
	Cuadrático		-				-					
 Harina de quinua	Lineal	+										
	Cuadrático		+		+		-			-		-
 Harina de maíz	Lineal			+	+		+	+				
	Cuadrático			-		-		-	-	-		-
 Interacción de Harinas	Harina de kiwicha con quinua	-	+									
	Harina de Kíwicha con maíz	+			+							
	Harina de quinua con maíz	+	+	+			+					

4.6 Determinación de la mejor formulación.

La elección de la mejor formulación del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^3 aplicado, se realizó teniendo en cuenta principalmente que el cómputo químico de aminoácidos sea elevado y que en el análisis sensorial la formulación goce de la mayor aceptación.

Luego de tal análisis se determinó que la mejor formulación es la 7 en condición factorial (6% de Harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) con un cómputo químico de Lisina del 97% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales. Además, la galleta presenta indicadores que gozan de buena aceptación en cuanto a los parámetros de apariencia general (6.8), aroma (6.4), textura (6.3), Color (6.7) y Sabor (6.5). Considerando que la escala hedónica fue de 9 puntos.

4.7 Determinación de región óptima.

Debido a la cantidad de variables respuestas que se tienen; pero básicamente a los resultados obtenidos no ha sido posible establecer una región adecuada para establecer rangos en las harinas de kiwicha, quinua y maíz con el fin de obtener una galleta con condiciones óptimas. Esto como consecuencia a lo no concordancia de las regiones obtenidas (provenientes de las superficies de respuesta) para cada variable respuesta en estudio. Un factor que quizás también no haya permitido llegar a una región adecuada son los límites máximos de sustitución que se establecieron para cada variable independiente (Harina de kiwicha 0-30%, Harina de quinua 0-20%, Harina de maíz (0-30%)) en el diseño experimental antes de iniciar la ejecución del mismo. Pues es seguro que los límites seleccionados de sustitución obtenidos de revisiones bibliográficas abordan un amplio espacio experimental. Por lo que se sugiere tomar límites más pequeños para posteriores investigaciones.

V. CONCLUSIONES

- La composición porcentual en las materias primas, da como resultado, para la harina de trigo 14.5% de humedad, cenizas 0.60%, proteína 10.64%; para la harina de kiwicha 12.51% de humedad, cenizas 3.35%, proteína 14.65%; para la harina de quinua 11.12% de humedad, cenizas 1.96%, proteína 15.04% y para la harina de maíz 13.67% de humedad, cenizas 2.47%, proteína 8.62%.
- Las propiedades reológicas a través del farinograma, extensograma y amilograma indican una absorción de agua de 56%, tiempo de desenvolvimiento de la masa de 1.17 min, estabilidad de 9.48min, MTI de 20 UB, extensibilidad entre 120 y 160cm, energía menor a 100cm², resistencia a la extensión de 286 a 341UB, número proporcional de 1.8 a 2, máxima gelatinización de 1378AU y temperatura de gelatinización de 87.8°C; lo que demuestra y confirma que la harina de trigo utilizada es apta para la producción de galletas.
- El cómputo químico de aminoácidos esenciales para las formulaciones del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR 2³) fue elevado para el total de aminoácidos.
- Las formulaciones del planeamiento experimental gozan de buena aceptabilidad del público. Lo que indica que al utilizar las harinas de kiwicha, quinua y maíz para beneficiar al producto final no interfiere en las características sensoriales finales.

- Se pudo verificar que en general, las galletas presentaron una buena intención de compra para los consumidores. Dentro de las 18 formulaciones evaluadas, las muestras 5, 7 y 9 presentaron mayores índices ($\geq 70\%$) en las escalas 4 (Probablemente compraría) y 5 (Ciertamente compraría). Muy cercano a la intención de compra del patrón (80%) dentro de las escalas mencionadas.
- Las variables independientes tuvieron incidencia en las respuestas en estudio. En el caso de la harina de kiwicha presentó efectos significativos en la lisina, volumen específico, luminosidad, textura instrumental, apariencia general, aroma y textura sensorial; la harina de quinua presentó influencia y efectos significativos en las respuestas lisina, volumen específico, cromacidad, textura instrumental, textura sensorial y sabor; la harina de maíz tiene influencia significativa en la luminosidad, cromacidad, ángulo de tonalidad, textura instrumental, textura sensorial, apariencia general, aroma y sabor; y las mezclas de las harinas tienen efectos significativos en las respuestas lisina, volumen específico, luminosidad, cromacidad y textura de las galletas de las formulaciones del Diseño experimental utilizado.
- La formulación 7 (6% de Harina de kiwicha, 16% de harina de quinua y 24% de harina de maíz) fue considerada como la mejor formulación del Diseño Compuesto Central rotacional 2^3 al obtener un cómputo químico de Lisina del 97% y mayor al 100% para los demás aminoácidos esenciales. Además, goza de buena aceptación, presentando los siguientes indicadores organolépticos; apariencia general (6.8), aroma (6.4), textura (6.3), Color (6.7) y Sabor (6.5) para una escala hedónica de 9 puntos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BELTRÁN, S. y PUERTO, P (2006).” Transformación de la seta comestible Shiitake (*Lentinula edodes*) en harina como sustituto para elaborar galleta dulce de regado”. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de la Salle. Bogota, Colombia. pp 52.
- BRUMOVSKY, L. y HORIANSKI, M (2014). Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- CABEZA R. S., (2009) “Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas”, Tesis de Máster. Universidad en el Área de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Burgos (2009). 24h.
- CALVO F., A; ITURRIZAGA A., S; NISTROM J; SALAS B., R. (2001). Fideos imperiales enriquecido con kiwicha. en: SEMINARIO DE AGRO NEGOCIOS aspectos ecológicos y condiciones técnicas de producción. 2001. Universidad del Pacífico, Facultad de Administración y Contabilidad. 62 h.
- CAMPBELL G.; WEBB C. (1997). “Cereals Novel uses and processes” Satake Centre for Grain Process Engineering University of Manchester Institute of Science and Technology. Manchester Inglaterra.
- CODEX ALIMENTARIUS (1985). Norma del Codex para la harina de trigo.
- DAS GRAÇAS, M (2003).Qualidade funcional da farinha obtida do grão de trigo nacional e importado. Universidad de Federal de Pernambuco. Centro de ciências da saúde departamento de nutrição. Recife-Brasil. Pg.42-43.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.27. (1986). Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.

- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.040. (1976). Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades.
- Jesús Calaveras, Nuevo Tratado de Panificación y Bollería. 2ª edición, AMV ediciones y Mundi-prensa. Madrid (2004).
- LOPEZ López Hugo. (2007), Elaboración de galletas de trigo fortificadas con harina, aislado y concentrado de *Lupinus mutabilis* (TARWI). Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo-México. 2007. 63 h.
- LUTZ, M.; y LEON A. (2009). Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación. Editorial Universidad de Valparaíso. Valparaíso-Chile. Pg. 77.Pg.79
- MAGAÑA-Barajas, RAMÍREZ-Wong, PLATT-Lucero, LÓPEZ-Ahumada y SÁNCHEZ- Machado. (2009).Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves .Departamento de Investigación y Pos grado en Alimentos, Universidad de Sonora. México.
- MANLEY D. J. R., y GONZÁLEZ A. M., Tecnología de la Industria Galletera: Galletas, Crackers y otros Horneados. Edición acribia.1989. 483 h.
- NITZKE, J y SILVEIRA, R. (2005). Instituto de ciencia y tecnología de alimentos-ICTA. Ingeniería de alimentos. Procesamiento de alimentos de origen vegetal. Universidad federal de rio grande. Brasil.
- Narpinder Singh, Shaveta Gupta, Navdeep Singh Sodhi, and R.P. Singh. Effect of additives on Dough and Cookie Making Properties of Flour. Vol.5, No.3,pp. 547 – 562, 2002.

- PASCUAL CH. G.; y ZAPATA H. J. (2010), Sustitución por harina de trigo (*Triticum aestivum*), por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Revista de la sociedad química del Perú 2010. pp12.
- PONCE H., E.; (2005). Estudio de factibilidad para el establecimiento de una fábrica de galletas enriquecidas con harina de soya en la cd, de Huajuapán de León, Oaxaca. Tesis (Licenciada en ciencias empresariales). Huajuapán de León, Oaxaca. Universidad tecnológica de la mixteca, 236 pp.
- ROMO Sandra.; et al. (2006), Publicación Informativa “Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa w*) variedad *piartal* en los Andes Colombianos”. Facultad de ciencias Agropecuarias, 2006. Universidad del Cauca. 14h.
- TURCIOS A., A. J.; y CASTAÑEDA L., B. N. (2010), Desarrollo y Evaluación de Galletas Fortificadas a base de Masica (*Brosimum alicastrum*) para niños y niñas entre 6-13 años de la Escuela Lempira, Lizapa Maraita, Honduras. Tesis (Título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura). Zamorano Carrera de Agroindustria Alimentaria Honduras, 2010. 46 h.

PÁGINAS DE INTERNET

<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/avaliacao-farinha-trigo/2b.php>.

Consultado (02/07/2015).

http://www.rpp.com.pe/2012-05-15-el-80-del-consumo-de-galletas-en-peru-es-fuera-del-hogar-noticia_482074.html. Consultado (08/09/2015).

Revista Panera. (2013). Revista Panera Forma e Informa. Molinera, panadería y pastelería. Edición 39. Pg. 20-21. http://issuu.com/revista_panera/docs/rev_39. Consultado (02/07/2015).

Revista Panera. (2012). Revista Panera Forma e Informa. Molinera, panadería y pastelería. Edición 36. Pg. 20-21. http://issuu.com/revista_panera/docs/rev_36. Consultado (02/07/2015).

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE AMILOGRAFIA, FARINOGRAFIA, EXTENSOGRAFIA DE LA HARINA GALLETERA

1. AMILÓGRAFO-E BRABENDER®

Mide las características de gelatinización y la actividad enzimática (trigo, centeno, arroz) cumpliendo con los estándares internacionales:

- **AACC STANDARD N° 22-10 AND N° 22-12**
(American Association of Cereal Chemists)
- **ICC STANDARD N° 126/1**
(Internacional Association of Cereal Chemistry)
- **ISO 7973**
(Internacional Organization for Standardization)

Este instrumento ha sido y sigue siendo el instrumento estándar a nivel mundial para medición de las propiedades de gelatinización y actividad enzimática (α-amilasa de la harina de trigo y de centeno).

Permite:

1. Evaluación de la calidad de la harina y su idoneidad para varias aplicaciones
2. Control de producción y control de la mezcla de harinas en el molino
3. Medición de las propiedades de horneado de la harina (contenido de amilasa, máximo de gelatinización, temperatura en el máximo de la gelatinización).
4. Evaluación de harinas especiales
5. Medir la influencia de la adición de las enzimas.



Figura 1: Amilógrafo® Brabender

2. FARINÓGRAFO BRABENDER

El farinógrafo Brabender se emplea para medir las características y aptitudes de las harinas en el amasado. Con el farinograma es posible detectar a tiempo desviaciones en las variables clave. Permitiendo efectuar correcciones de modo de obtener harinas que cumplen con las especificaciones particulares de cada cliente. La más importante de estas variables es la estabilidad (medida en minutos), e indica la tolerancia a la fermentación que posee una harina cuando esta se humedece y amasa.

Mediante este procedimiento puede determinarse entonces, no solo el nivel de absorción de agua (en ml/100 gr) que exhiben las harinas y el comportamiento de las masas elaboradas a partir de ellas, sino también a la consistencia o resistencia (en unidades farinográficas) que exhiben dichas masas al ser amasadas a velocidad constante en el farinógrafo.

Permite:

- Absorción de agua
- Calidad de la proteína
- Calidad enzimática (proteasas)
- Estabilidad al mezclado



Figura 2: Farinógrafo Brabender

3. EXTENSOGRAFO BRABENDER®

Determina las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión. Indica el efecto de mezcla de diferentes calidades de harina y la influencia de aditivos como ácido ascórbico, enzimas o emulsificantes. Con estos datos permite preparar la harina óptima para cada producto específico.

Permite establecer el óptimo reológico.

- Trigo: Calidad depende del tiempo
- Propiedades / elasticidad masa (tiempo)
- Enzimas, propiedades de horneado (tiempo)



Figura 3: Extensógrafo Brabender

ANEXO 2

ELABORACION DE GALLETAS





Figura 4: Procedimientos para la elaboración de galletas.

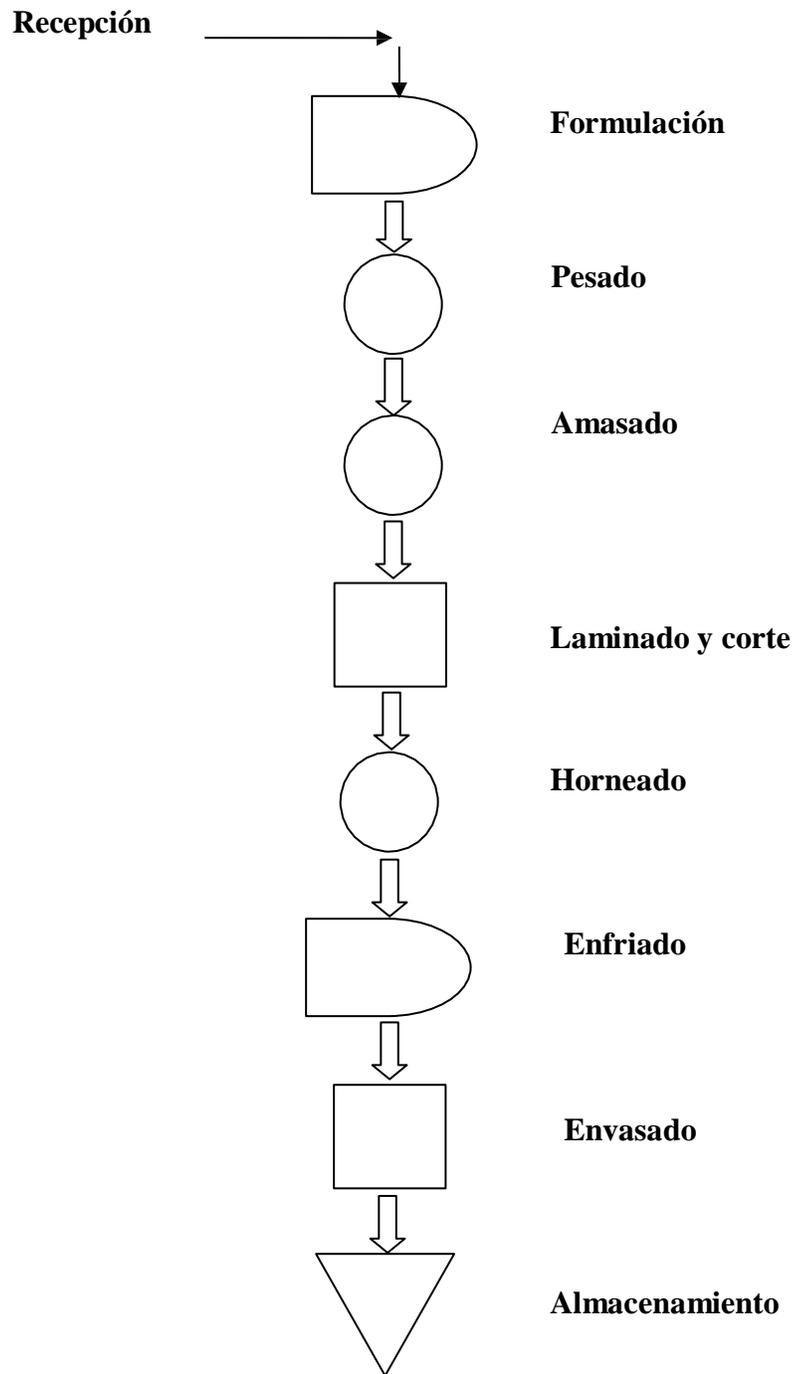


Figura 5: Diagrama de operaciones

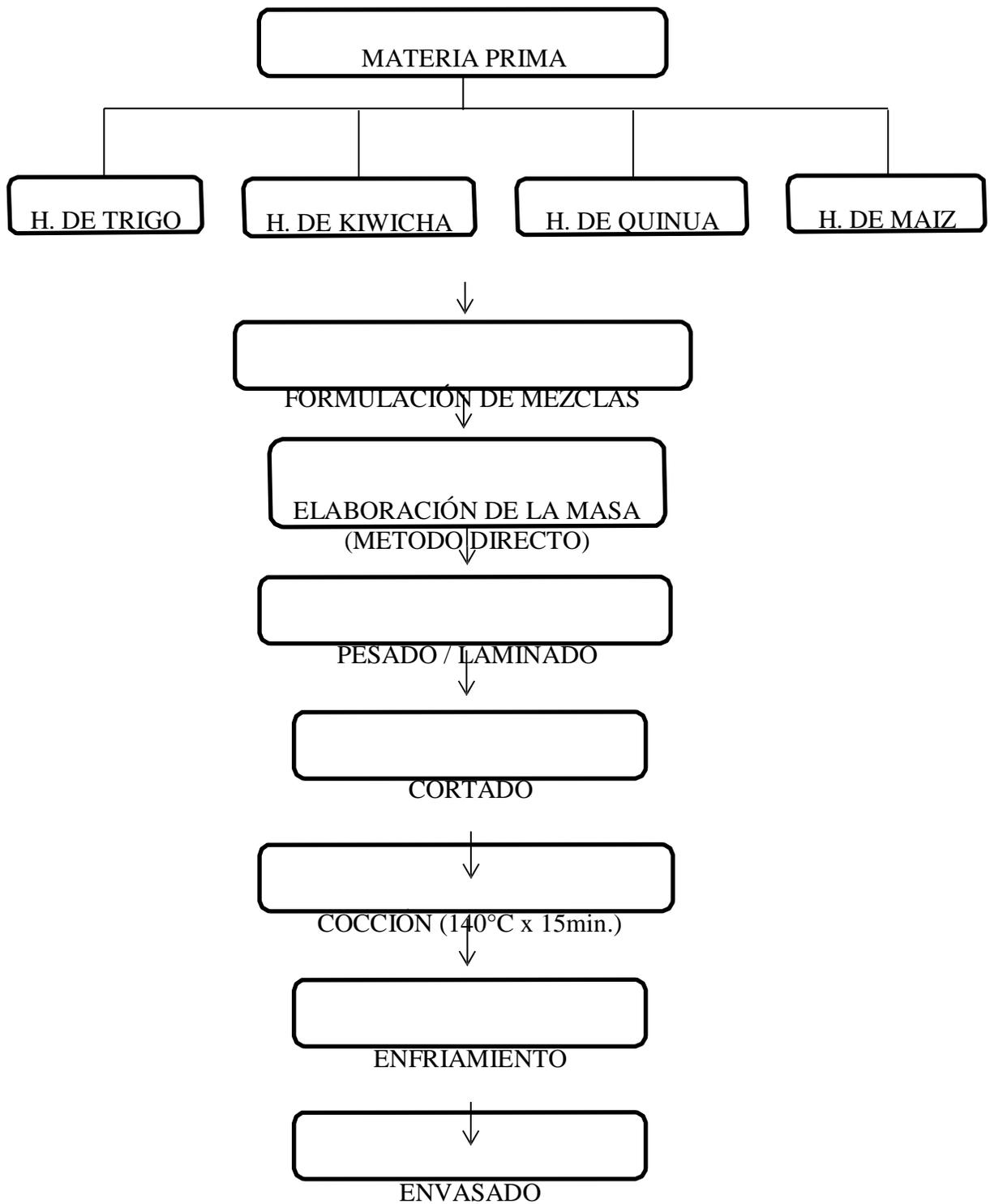


Figura 6: Diagrama de flujo

ANEXO 3

BALANCE DE MATERIA

1. Balance de Materia

Para el balance de materia se calculó teniendo en base 200 galletas fortificadas, para lo que se necesita 0.7 kg en masa. Se evaluó con datos obtenidos desde la zona de pesado (respecto a la formulación) hasta la obtención del producto terminado (embolsado), en el cual se obtuvo un rendimiento de 97%. Se obvia el proceso de almacenamiento debido a que el tiempo de permanencia en almacén es corto.

Tabla 01: Balance de Materia por cada Etapa de Proceso

OPERACIÓN	INGRESO kg	SALIDA kg	PERDIDA		RENDIMIENTO %
			kg	%	
Amasado	0.	0.76	0.08	10.52	97.1
Laminado y cortado	0.68	0.646	0.034	5.00	95.0
Horneado	0.566	0.556	0.01	1.77	98.2
Enfriado	0.556	0.546	0.01	1.80	98.2
Envasado	0.546	0.536	0.01	1.83	98.2

ANEXO 4

ANALISIS FISICOQUIMICO

1. Humedad:

Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado “Método de desecación por estufa”, el cual es el siguiente:

- ❖ Pesar las placas vacías en la balanza analítica.
- ❖ Agregar una muestra de 10 gramos de galleta enriquecida con fibra alimentaria de piña y linaza molida
- ❖ Llevar a la estufa por un lapso de 2.5 horas a 105°C.
- ❖ Una vez pasado el tiempo establecido, sacar la muestra y dejar reposar por 5 minutos.
- ❖ Luego del reposo, pesar la muestra en placa
- ❖ Mediante la fórmula, calcular el % de humedad de la muestra.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} \times 100$$

Donde:

- P_1 = Peso de la placa más muestra.
- P_2 = Peso de la placa más muestra seca
- m = Peso de la muestra.

2. Cenizas:

Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se puede seguir el procedimiento establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado "Método De Incineración", el cual es el siguiente:

- ❖ Pesar el crisol vacío en la balanza analítica.
- ❖ Agregar 3 ó 4 gramos de muestra de galleta
- ❖ Quemar previamente la muestra en la cocina eléctrica, para evitar la expansión de malos olores y el manchado de la mufla por unos 15 minutos.
- ❖ Llevar la muestra a la mufla por un lapso de 1.5 horas a 600°C.
- ❖ Pasado el tiempo establecido, retirar la muestra de la mufla y dejar reposar por 15 minutos.
- ❖ Pesar la muestra en la balanza analítica.
- ❖ Mediante la fórmula, calcular el % de cenizas de la muestra.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{P_1 - P_0}{P} \times 100 \times \frac{85}{100 - H}$$

Donde:

- **P₁**= Peso del crisol más las cenizas
- **P₀**= Peso del crisol
- **P**= Peso inicial de la porción de muestra
- **H**= Humedad de la muestra (%)

Corporación de Laboratorios de ensayos clinicos, Biologicos e Industriales

Metodología aplicada:

Proteínas: UNE_EN ISO 5983_2 parte 2 Dic.2006

Grasa: UNE 64021 1970

Fibra: NMX-F-090-1978.

 Moliner Inca S.A.	ESPECIFICACIONES TECNICAS		REF.: TEPsoft13
	HARINAS		PAG.: 1 de 1
GENERALES			
PRODUCTO	Harina Galletera Soft		
COMPOSICION CENTESIMAL	100 % Harina de Trigo Seleccionado		
PRESENTACION	Saco 50, 30 y 25 kg		
ENVASE	Polipropileno y/o Tocuyo y/o Papel Kraft		
IDENTIFICACION DE LOTE	Tag o etiqueta autoadhesiva con código de indentificación y Fecha de Producción: Día - Mes - Año		
VIDA UTIL	6 meses desde la fecha de producción (20°C y 65 % HR)		
CONDICIONES DE CONSERVACION	En lugar fresco, seco y alejado de olores fuertes		
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS			
HUMEDAD	14.5 % Máximo		
CENIZAS	0.60 % Máximo (15 % Humedad) 0.71 % Máximo (Base Seca)		
ACIDEZ	0.10 % Máximo en H2SO4		
FORTIFICACION	Hierro	55.0 mg / Kg harina	(Mínimo)
	Tiamina	5.0 mg / Kg harina	(Mínimo)
	Riboflavina	4.0 mg / Kg harina	(Mínimo)
	Niacina	48.0 mg / Kg harina	(Mínimo)
	Ácido Fólico	1.2 mg / Kg harina	(Mínimo)
ADITIVACION	Aditivos alimentarios permitidos		
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS (UFC/g)			
<i>Salmonella</i>	n: 5, c: 0,	m: Ausencia/25 g, M: ---	
<i>Mohos</i>	n: 5, c: 2,	m: 10 ⁴ , M: 10 ⁵	
<i>Escherichia coli</i>	n: 5, c: 2,	m: 10, M: 10 ²	
BASE TECNICA-LEGAL			
El presente producto es elaborado bajo las siguientes normas nacionales y extranjeras:			
NORMA TECNICA NACIONAL	NTP 205.027	AUT. SANIT.	E4515209N LAMLIC
REGLAMENTO DE LEY - FORTIFICACION	D.S N° 012-2008-SA - Ley N° 28314		
NORMA MICROBIOLÓGICA	RM N° 591-2008/MINSA		
NORMAS DE SEGURIDAD DE ALIM.	BPM y HACCP		
PROTOCOLOS DE ANALISIS	AACC, AOAC y ICMSF		
	NTN 205.037 - NTN 205.038		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	
Luis Aguilar Díaz Analista de Calidad MT	Nasly Coello Costa Analista de Calidad	Jaime Sabogal Suji Jefe de Calidad	

Anexo 5

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

Fecha : _____ Edad: _____ Sexo: Masculino __ Femenino __

Por favor, pruebe cada una de las muestras codificadas y evalúe cada una usando la escala de abajo para indicar cuanto gusta o disgusta el producto, colocando el número que usted considere el más apropiado en cada recuadro.

- 9. Me gusta muchísimo.
- 8. Me gusta mucho.
- 7. Me gusta moderadamente.
- 6. Me gusta ligeramente.
- 5. Ni me gusta/ Ni me disgusta.
- 4. Me disgusta ligeramente.
- 3. Me disgusta moderadamente.
- 2. Me disgusta mucho.
- 1. Me disgusta muchísimo.

Muestra	Apariencia	Color	Aroma	Textura	Sabor

Con relación a las mismas muestras, evalúe en cuanto a la intención de compra

- 5. Ciertamente compraría
- 4. Probablemente compraría
- 3. Tal vez compraría / talvez no compraría
- 2. Probablemente no compraría
- 1. Ciertamente no compraría

Muestra	Valor

Observaciones.....
.....

GRACIAS POR TU TIEMPO, QUE TENGA UN BUEN DÍA.