

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“Formulación y elaboración de galletas
enriquecidas con harina de kiwicha (*Amaranthus
caudatus*), harina de linaza (*Linum usitatissimum*)
y alfalfa (*Medicago sativa*) aplicando superficie de
respuesta”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Lucy JOSÉ CONDE

AYACUCHO – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la fuerza y la paciencia para lograr mis aspiraciones.

A mis Padres, Emilio Jose Taype y Teodora Conde Allcca, por enseñarme los valores de la vida y la perseverancia, por su paciencia y sacrificio día a día durante mi formación académica, sin el cual no hubiese sido posible culminar mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.*

- *Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad.*

- *A mi asesor el Mg. Ing Juan Carlos PONCE RAMÍREZ por su apoyo incondicional en el seguimiento de este trabajo y así poder culminarlo.*

- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

I	INTRODUCCION	Pág. 1
	OBJETIVOS	2
II	REVISION DE LITERATURA	
2.1	LA KIWICHA (<i>Amaranthus caudatus L.</i>)	3
2.1.1	Origen	4
2.1.2	Clasificación taxonómica	6
2.1.3	Características botánicas	6
2.1.4	Composición fisicoquímica	8
2.1.5	Usos y aplicaciones	12
2.2.	LA LINAZA (<i>Linum usitatissimum</i>)	13
2.2.1	Origen	14
2.2.2	Clasificación taxonómica	15
2.2.3	Características botánicas	16
2.2.4	Composición fisicoquímica	17
2.2.5	Usos y aplicaciones	20
2.3	ALFALFA (<i>Medicago sativa L.</i>)	21
2.3.1	Generalidades	11
2.3.2	Origen	22
2.3.3	Clasificación taxonómica	23
2.3.4	Características botánicas	24
2.3.5	Composición fisicoquímica	25
2.3.6	Usos y aplicaciones	26

2.4	EL TRIGO (<i>Triticum durum</i>)	28
2.4.1	Origen	28
2.4.2	Clasificación taxonómica	30
2.4.3	Características botánicas	31
2.4.4	Composición fisicoquímica	32
2.4.5	Usos y aplicaciones	34
2.5	GALLETAS	
2.5.1	Materia prima e insumos en la elaboración de galletas	37
2.5.2	Proceso de obtención de galletas	43
2.6	FORTIFICACION O ENRIQUECIMIENTO DE ALIMENTOS	47
2.6.1	Fortificación de alimentos	48
2.6.2	Enriquecimiento de alimentos a base de fibra	49
2.6.3	Enriquecimiento de alimentos a base de hierro	50
2.7	EVALUACIÓN SENSORIAL	53
2.7.1	Análisis sensoriales	54
III	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN	57
3.2	MATERIA PRIMA E INSUMOS	57
3.1.2	Reactivos	34
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	58
3.3.1	Reactivos químicos	58
3.3.2	Insumos y aditivos	58
3.3.3	Materiales de laboratorio	59

3.3.4	Equipos e instrumentos	60
3.4	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	60
3.4.1	Obtención del extracto foliar de alfalfa	61
3.4.2	Formulación y preparación de las galletas	62
3.4.3	Descripción del proceso de la elaboración de galletas	63
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	70
3.6	EVALUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	73
3.6.1	Análisis químico proximal de la materia prima	73
3.7	EVALUACIÓN DE LA GALLETA ENRIQUECIDA	74
3.7.1	Evaluación sensorial	74
3.7.2	Análisis químico proximal	74
3.7.3	Análisis microbiológicos	75
3.8	PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	76
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	77
4.1.1	Análisis químico proximal	77
4.2	OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS	79
4.2.1	Optimización de la variable respuesta: textura en las galletas enriquecidas	82
4.2.2	Optimización de la variable respuesta: color en las galletas enriquecidas	88
4.2.3	Optimización de la variable respuesta: sabor en las galletas	

	enriquecidas	94
4.3	EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GALLETA ENRIQUECIDA	99
4.3.1	Evaluación sensorial de la Aceptabilidad	99
4.4	EVALUACIÓN QUIMICO PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICA DE LA GALLETA ENRIQUECIDA	101
4.4.1	Composición química proximal de las galletas enriquecidas	101
4.4.2	Análisis microbiológico de las galletas enriquecidas	102
V	CONCLUSIONES	104
VI	RECOMENDACIONES	106
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 La kiwicha	4
Figura 2.2 La linaza	14
Figura 2.3 La alfalfa	22
Figura 2.4 El trigo	28
Figura 2.5 Flujograma de procesamiento de galletas	45
Figura 3.1 Alfalfa fresca	61
Figura 3.2 Concentrado foliar seco de alfalfa	61
Figura 3.3 Flujograma de la obtención del concentrado foliar de alfalfa fresca	62
Figura 3.4 Harina de kiwicha	65
Figura 3.5 Harina de linaza	65
Figura 3.6 Amasado de ingredientes para galleta	66
Figura 3.7 Laminado y cortado de la galleta	66
Figura 3.8 Enfriado de las galletas	67
Figura 3.9 Diagrama de flujo experimental para la elaboración de galletas enriquecidas	69
Figura 4.1 Diagrama del efecto de las variables independientes sobre la textura en las galletas enriquecidas	82
Figura 4.2 Diagrama de Pareto sobre la textura en galletas enriquecidas	84
Figura 4.3 Efecto de los factores sobre la textura en galletas	

	enriquecidas	85
Figura 4.4	Gráfico de contornos para el análisis de textura de harina de kiwicha y harina de linaza	86
Figura 4.5	Gráfico de superficie para el análisis de color por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza	88
Figura 4.6	Diagrama de Pareto estandarizado para color	90
Figura 4.7	Efecto de los factores sobre el color en galletas enriquecidas	91
Figura 4.8	Gráfico de contorno para el análisis de color por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza	94
Figura 4.9	Gráfico de superficie para el análisis de sabor por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza	
Figura 4.10	Diagrama de Pareto estandarizado para color	96
Figura 4.11	Gráfico de contorno para el análisis de sabor por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza	97

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Composición fisicoquímica en 100 g de kiwicha	10
Tabla 2.2	Composición de la kiwicha en función de la cantidad de aminoácidos de las dos variedades	11
Tabla 2.3	Composición química de las semilla de linaza en 100 gramos de producto	18
Tabla 2.4	Composición fisicoquímica de la alfalfa en 100 gramos	27
Tabla 2.5	Composición fisicoquímica del trigo por 100 gramos	33
Tabla 2.6	Fortificación de alimentos con hierro	51
Tabla 3.1	Formulación para la elaboración de galleta	64
Tabla 3.2	Niveles de los factores de la galleta optimizada	71
Tabla 3.3	Respuestas y sus unidades de la galleta optimizada	71
Tabla 3.4	Número de tratamientos experimentales, según el DCA	72
Tabla 4.1	Análisis químico proximal de la harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa (en 100 gramos)	78
Tabla 4.2	Matriz de estudio decodificada y sus variables respuesta	81
Tabla 4.3	Análisis de la varianza para firmeza	83
Tabla 4.4	Valores óptimos de la variable respuesta textura en galletas enriquecidas	87
Tabla 4.5	Análisis de varianza para color	89
Tabla 4.6	Valores óptimos de la variable respuesta color en galletas enriquecidas	93
Tabla 4.7	ANVA-ajuste del modelo para la variable sabor	95

Tabla 4.8	Valores óptimos para la maximización del sabor en galletas enriquecidas	98
Tabla 4.9	ANVA para la evaluación de la aceptabilidad en galletas enriquecidas	99
Tabla 4.10	Prueba de Tuckey para el atributo aceptabilidad	100
Tabla 4.11	Composición química proximal de la galleta enriquecida por 100 gramos de producto	101
Tabla 4.12	Análisis microbiológico de las galletas enriquecidas	103

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	112
Anexo 2 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA	116
Anexo 3 RESULTADOS DE LAS VARIABLES RESPUESTAS	117
Anexo 4 FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE GALLETAS	118
Anexo 5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA ACEPTABILIDAD	119

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron y optimizaron las mezclas evaluadas en la formulación de galletas enriquecidas con harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa; las materias primas empleadas provinieron de la provincia de Huamanga y fueron adquiridos en el mercado Nery García Zarate.

La mejor formulación en la elaboración de galletas enriquecidas con harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa fue aquella que obtuvo la mejor Textura, Color y Sabor. Con el objeto de diseñar una formulación de galletas con características óptimas se utilizó el software STATGRAPHICS, las variables respuestas fueron obtenidas después de los análisis respectivos a la que fueron sometidas cada variable en estudio utilizando la metodología de Superficie de Respuesta con diseño de compuesto central rotatable.

Las características químico proximales más importantes de las materia primas fue el contenido de proteínas con un 12.30% en la harina de kiwicha, 4,63% en el concentrado foliar de alfalfa y 22, 89% en la harina de linaza. En el contenido de grasa la harina de linaza fue el que alcanzo un 37,28%.

Luego del análisis de estas características, se determinó las variables respuestas optimizadas, resultando como formulación óptima la siguiente mezcla: 18% de harina de kiwicha, 3,0% de concentrado foliar de alfalfa, 2,8% de harina de linaza, esta mezcla alcanzo mayor valor de firmeza 350.60 $\text{dm}^2/\text{kg.s}$, y reunió las características y cualidades sensoriales de

mayor aceptabilidad en los atributos de sabor (6,00) y color (7.00), resultando ser mejor que los demás tratamientos.

Este tratamiento resulto ser el más adecuado, obteniéndose las mejores características químico proximales de humedad 2,89 g, seguido por las proteínas con un 15,45 g, el contenido de grasa alcanzó valores de 26,50 g. Siendo superior en proteínas en comparación a las galletas comerciales de harina de trigo (7,39%) y ligeramente en grasa (21,92%).

El concentrado foliar de alfalfa predomina positivamente en el incremento de hierro, pero negativamente en las características organolépticas de las galletas.

Por lo que resulta adecuado para el consumo de las personas que desean incrementar su consumo de proteínas (Contra la desnutrición) y hierro (Contra la anemia).

I. INTRODUCCIÓN

La desnutrición no solo es un problema de la niñez, sino que afecta a la mayoría de la población peruana por descuido, posiblemente por la falta de información sobre lo que es una buena nutrición.

Las causas de la desnutrición engloban una serie de factores de alta complejidad, pero se relacionan principalmente con una inadecuada ingesta de energía y de proteínas y en el caso de micronutrientes destaca la deficiencia de hierro, vitamina A y yodo.

Por otro lado, se conoce que en nuestro país el consumo de harina de trigo es alto, especialmente entre los sectores de bajos ingresos, siendo los productos de panificación (panes, galletas, bizcochos) las principales formas de consumo, proporcionando un alto porcentaje de calorías a la población. Sin embargo las proteínas provenientes del trigo tienen un bajo valor biológico atribuible a una inadecuada proporción de lisina-treonina.

En nuestra región de Ayacucho existe cereales andinos como la kiwicha que tiene un alto contenido de proteínas de alto valor biológico, así como la linaza con alto contenido de fibra y la alfalfa que mejoraría la disponibilidad de hierro, lo que permitiría elaborar una galleta enriquecida para niños y adultos que mejoraría la calidad nutricional que actualmente tienen.

Por lo cual el presente trabajo de investigación plantea la siguiente investigación: "Formulación y elaboración de galletas enriquecidas con harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), harina de linaza (*Linum usitatissimum*) y alfalfa (*Medicago sativa*) aplicando superficie de respuesta".

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Formular y elaborar una galleta enriquecida con harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa aplicando superficie de respuesta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas de la harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa.
- Optimizar la formulación adecuada en las galletas enriquecidas que maximicen la textura, color y sabor.
- Evaluar la aceptación de los consumidores organolépticamente.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los mejores tratamientos de las galletas enriquecidas con harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.)

La Kiwicha (*Amaranthus caudatus*), es una planta amarantácea de rápido crecimiento, con hojas, tallos y flores morados, rojos y dorados que crece en el Perú y en las regiones altas de Ecuador, Bolivia y Argentina. Alrededor de 1 200 variedades aún se mantienen en los Andes. Sus vistosas flores brotan del tallo principal, en algunos casos las inflorescencias llegan a medir 90 cm., creando vistosos campos de cultivo. Es un vegetal domesticado hace largo tiempo, no se encontró en estado silvestre, su aparición fue detectada en tumbas con más de 4000 años de antigüedad, jugó un papel muy importante en la nutrición humana, particularmente en la región incaica, su lugar originario (Jacobsen, 2007).



Figura 2.1: La kiwicha

El cultivo del amaranto posee características agronómicas que le permiten adaptarse a condiciones ambientales adversas, donde otros cultivos no prosperan. Se considera que es una alternativa para los pequeños productores por tener las características de mayor resistencia a la sequía (Omami et al., 2006; Islas Gutiérrez e Islas Gutiérrez, 2001).

2.1.1. Origen

El amaranto es una planta autóctona de América, domesticada, cultivada y utilizada desde hace más de 4000 años. Las excavaciones arqueológicas revelan que las semillas y hojas fueron consumidas por habitantes prehistóricos mucho antes del proceso de domesticación, ya que en las regiones tropicales y subtropicales era una planta importante de recolección. El amaranto es resistente a la sequía por su eficiente fijación de CO₂, no presentar fotorespiración y requerir menor cantidad de agua para producir la misma cantidad de biomasa (Ayala et al, 2014).

Varios autores coinciden al afirmar que *Amaranthus* spp como cultivo se originó en América. *A. cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano y probablemente descenden de las tres especies silvestres; *A. powelli*, *A. quitensis* y *A. hybridus*, respectivamente, todas de origen americano; aunque se sostiene que *A. quitensis* es sinónimo de *A. hybridus* y que solamente ésta última podría ser la antecesora de las tres cultivadas. En la actualidad amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas templadas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura (FAO, 1992).

En los últimos años el amaranto ha sido ampliamente estudiado y actualmente se siembra y utiliza en países como Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, México, Guatemala, EUA, Australia, China, India y algunos unos países del continente africano y del continente europeo. Una de las razones del renovado interés es su excelente perfil de nutrientes en semillas y hojas; comparable con los cereales. Investigaciones recientes demuestran que las semillas de amaranto tienen un alto valor nutricional, asociado con la cantidad y calidad de sus proteínas, grasas, fibras, minerales y vitaminas. Además, posee compuestos bioactivos tales como saponinas, fitoesteroles, escualeno y polifenoles (Gorinstein et al, 2007; Pasko et al, 2007; Barba de la Rosa et al, 2009; Álvarez-Jubete et al, 2010).

2.1.2. Clasificación taxonómica

El amaranto es una planta perteneciente a la familia Amaranthaceae, la cual presenta 70 géneros y más de 850 especies. El género *Amaranthus* presenta más de 60 especies distribuidas en las zonas tropicales y subtropicales, siendo las más estudiadas *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus* y *A. edulis* (Marcone et al., 2003; Repo-Carrasco-Valenda et al., 2009).

Calzada (1980) define la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Subclase : Caryophyllales
Familia : Amaranthaceae
Género : *Amaranthus*
Especie : *Amaranthus Caudatus*

2.1.3. Características botánicas

El amaranto es una de las pocas plantas no gramíneas que realiza fotosíntesis vía C4, es decir mediante una modificación del proceso fotosintético normal eficientes en lugares de altas temperaturas, alta heliofanía, y condiciones de déficit hídrico, ya que demanda menor cantidad de agua que las C3.

Tiene las siguientes características botánicas:

a) Raíz

El Amaranto posee raíces del tipo axonomorfo bien desarrolladas, con numerosas raíces secundarias y terciarias lo que impide el tumbado de las plantas. En el extremo de la raíz se sitúa la cofia, estructura que protege el promeristemo radical y facilita la penetración en el suelo de la raíz en crecimiento. Esta estructura formada por células parenquimáticas que contienen amiloplastos, controla el crecimiento geotrópico de la raíz. (Moroto, 1990).

b) Tallo

Las diferentes especies del género *Amaranthus* son plantas anuales, herbáceas, de tallos suculentos cuando tiernos y algo lignificados cuando maduros, la forma de este es cilíndrico deformado y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada; alcanza de 0.4 a 3m de altura cuyo grosor disminuye de la base al ápice, el color del tallo va desde el blanco amarillento, verde claro y púrpura (VASQUEZ y TORRES, 1990).

c) Hojas

Las hojas son generalmente opuestas o alternas, sin estípulas de formas elípticas, ovada, lisa o poco pubescente con nervaduras pronunciadas, bordes enteros de un tamaño variable entre 6,5 a 20 cm de longitud, y de 2 a 8 cm ancho el color de las hojas varía desde el verde amarillento al púrpura (Vásquez y Torres, 1990).

d) Flores

Las flores son pequeñas, unisexuales, estaminadas o pistiladas, masculinas con tres o 5 estambres y femeninas con ovario súpero. Que pueden estar en plantas monoicas o dioicas en densos racimos situados en las axilas de las hojas y reunidas en glómérulos formando falsas umbelas con tres o cinco brácteas externas cada una (Nieto, 2002).

e) Fruto.

El fruto es una capsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular la que a la madurez se abre transversalmente dejando caer la parte superior llamada opérculo para poner al descubierto la parte inferior llamada urna donde se encuentra la semilla.

El número de semillas por gramo oscila entre 1 000 y 3 000. Son de forma circular y de colores variados, así: existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras (Nieto, 2002).

2.1.4. Composición fisicoquímica

La kiwicha o amaranto es un cereal nativo del Perú, crece entre los 1,000 a 3,200 m.s.n.m. Se caracteriza por tener todos los aminoácidos esenciales que requiere nuestro organismo, principalmente la lisina. El valor nutritivo del grano es elevado y contiene más de 13% de proteínas. No contiene saponinas ni alcaloides.

Las cualidades nutricionales y características agronómicas de las distintas especies de amaranto las convierten en plantas de potencial interés para ser

utilizadas en la industria agroalimentaria; además, de ser totalmente aprovechables. En la alimentación humana, se le consumen sus semillas como cereal y sus hojas y tallos como verdura; se emplea como planta forrajera en la alimentación de cerdos, ovinos, caprinos, vacunos, entre otros y como infusiones medicinales (Ortega, 1992; Barba de la Rosa et al, 2009).

Además de las características agronómicas relevantes de la planta, la importancia del cultivo de amaranto está en su excelente contenido nutritivo, tanto de su grano como de la materia verde. El valor alimenticio es relevante en proteína 15 - 18%, fécula 48-62% y dentro de esta, su contenido de lisina es muy superior al de los demás alimentos de uso común. Son significativos los contenidos de grasa, fibra y minerales, dentro de los que sobresalen el hierro y el calcio. El balance de aminoácidos y valor nutritivo en general es muy similar a los niveles recomendados por la FAO y la OMS, sobre un valor proteico ideal de 100%, el amaranto posee 75%, la leche vacuna 7%, la soja 68%, el trigo 60% y el maíz 44%. Además la digestibilidad de su grano es del 93% para la alimentación humana, si se utiliza una mezcla de iguales proporciones de amaranto y trigo o amaranto y maíz (PERALTA, 2007).

Valor alimenticio de la kiwicha comparado con otros alimentos, se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Composición fisicoquímica en 100 g de kiwicha

COMPONENTES	BASE HÚMEDA (%)	BASE SECA (%)
Agua	8.48	----
Proteína	12.50	13.66
Grasa	5.23	5.71
Fibra	2.70	2.95
Cenizas	2.25	2.46
Carbohidratos	68.84	75.22
Energía	188.07 Kcal	205.50 Kcal

Fuente: Collazos (1993).

En lo que refiere a minerales, la kiwicha tiene un alto contenido de sodio y el calcio. El contenido proteico es elevado (14 - 18%), el balance de aminoácidos es óptimo cercano al requerido en la dieta humana, con una buena proporción de los azufrados; lisina, metionina y cistina (Guzmán, 2004).

El contenido de lípidos de las semillas de amaranto es relativamente alto (6,5- 12,5%) comparado con el del maíz (4,5 %) o trigo (2,1%). El aceite de amaranto tiene un alto contenido de ácidos grasos insaturados; alrededor de 53- 95% de linóleo y oleico; 0,3- 1,3% de linoleico y 2,2- 5,4% de esteárico sobre el total del aceite (Paredes- López, 1994).

Tabla 2.2: Composición de la kiwicha en función a la cantidad de aminoácidos de las dos variables, contenido de aminoácidos en g en 100g de proteína.

Contenido	Kiwicha	Kiwicha blanca	Kiwicha rosada
Proteína (g)	13,50	13,50	13,50
Fenilalanina	3,98	3,29	3,27
Triptófano	0,95	1,21	1,18
Metionina	2,13	2,37	2,45
Leucina	5,20	4,23	4,30
Isoleucina	6,17	5,22	5,17
Valina	4,36	4,61	4,54
Lisina	7,16	6,60	6,43
Treonina	4,73	5,38	5,26
Arginina	8,50	8,16	7,79
histidina	2,31	2,22	2,17

Fuente: Ramírez M., (2004).

El balance de aminoácidos está cercano al requerido para la nutrición humana y su aminoácido más limitante es la leucina que permite que la proteína de *A. caudatus* se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79% según las variedades. El cómputo aminoacídico es de 86% en *A. hypochondriacus* y de 77% en *A. cruentus* (Tabla 2.2). Se puede apreciar el alto valor biológico de su proteína comparándola con los cómputos químicos de la proteína del trigo (73%) y soya (74%), mientras que las

las proteínas de origen animal no tienen aminoácidos limitantes. Lo que destaca de la proteína del amaranto es su alto contenido en lisina comparado con otros cereales, lo que permite una excelente complementación aminoacídica con las proteínas de maíz, arroz y trigo (Ramírez, 2004).

2.1.5. Usos y aplicaciones

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, medicina y en la ornamentación (TRINIDAD et al, 1986), entre sus principales usos tenemos:

- ✓ Las hojas se consumen cocidas, añadiéndolas a las sopas
- ✓ Los tallos han comenzado a usarse en la preparación de bebidas rehidratantes
- ✓ Muy versátil en la culinaria
- ✓ Los granos o semillas sirven para la elaboración de un sinnúmero de platos alimenticios, tanto dulces como salados, cocidos o tostados, y también en forma de harina.
- ✓ El método más común de preparar la semilla para su consumo es tostarla sin aceite pero con mucho cuidado porque la semilla se quema muy fácilmente. La semilla tostada se la consume sola, en dulces mezclándolo con miel de abeja, miel de caña. La semilla tostada se muele para hacer harina que se puede comer sola o utilizando para pasteles, panes, galletas, tortillas y pastas.

- ✓ En la industria se utiliza el amaranto para tener colorantes vegetales principalmente la amarantina, que se utiliza para la coloración de alimentos (Lehman, 1990).
- ✓ El amaranto, como la mayoría de granos, tiene un potencial para el uso en productos industriales. La fracción del aceite del grano es inusualmente alta en escualeno, un producto químico que puede ser vendido por miles de dólares la tonelada, y se usa para síntesis orgánica de hormonas. (Fawusi et al, 1983).

2.2. LA LINAZA (*Linum usitatissimum*)

Es una planta herbácea de rápido crecimiento que inicialmente desarrolla un tallo vertical que termina con varios brotes laterales que desarrollan flores de color violáceo que al cuajar forman un fruto redondeado dentro del cual se desarrollan varias semillas o granos; en total la planta puede alcanzar una altura de 40 – 80 cm dependiendo del cultivar, de los tallos emergen hojas delgadas y de forma alargada de color verde oscuro.

El nombre botánico de la linaza es *Linum usitatissimum* de la familia Linaceae. La linaza es un cultivo flori azul muy versátil. Las semillas que son utilizadas para alimentación humana y animal son cosechadas y posteriormente tamizadas a través de una malla fina, lo que resulta en un conjunto uniforme de semillas enteras (consideradas 99.9% puras). (Morris, 2005).

Como el producto a cosechar son los granos secos se va a requerir de abundante cantidad agua durante el crecimiento del cultivo hasta la formación del fruto, en especial durante la floración y llenado de del fruto,

debido a que carencia de este elemento puede reducir la producción. Luego, se debe de cortar el riego para que todos los nutrientes de la planta empiecen a migrar hasta las semillas.

La semilla de linaza es plana y ovalada con un borde puntiagudo. Es un poco más grande que la semilla de sésamo y mide entre 4 y 6 mm. La semilla tiene una textura tostada y chiclosa y tiene un agradable sabor a nuez.

La linaza (*Linum usitatissimum* L.), se compone de un embrión o germen, un endosperma, dos cotiledones y un saco o casco llamado endospermo, en donde se encuentran encerradas las semillas de linaza (Daun et al., 2003).



Figura 2.2: La linaza

2.2.1. Origen

El lino ha sido cultivado desde los inicios de la civilización, la linaza es un cultivo antiguo, los humanos han consumido linaza por miles de años. Es probable que la linaza haya comenzado su cultivo hace 8000 a 10000 años aproximadamente en la Mesopotamia antigua (Morris, 2003).

La linaza se ha reconocido desde tiempos prehistóricos, en Asia, norte de África, y Europa como una fuente de alimentos y su cultivo, destinado a la obtención de alimentos y fibra, es muy antiguo. Actualmente se le cultiva en alrededor de 50 países, la mayoría de los cuales están en el hemisferio norte. Canadá es el principal productor, seguido por China, Estados Unidos e India. Históricamente, la producción de linaza se orientó hacia la producción de aceite de uso industrial; sin embargo, actualmente hay un nuevo interés por consumir la semilla molida debido a su potencial beneficio para la salud. Aunque hay importante evidencia que respalda el consumo de linaza, mucha gente aún desconoce las ventajas de su consumo y sus posibles aplicaciones en alimentos (Wanasundara et al, 2003 y Hall et al., 2006).

2.2.2. Clasificación taxonómica

El lino o linaza (*Linum usitatissimum*) es una planta herbácea de la familia de las lináceas, esta a su vez tiene la siguiente clasificación taxonómica (Figuerola y col. 2008).

Reino: :*Plantae*

Subreino: :*Tracheobionta*

División: :*Magnoliophyta*

Clase: :*Magnoliopsida*

Orden: :*Malpighiales*

Familia: :*Linaceae*

Género: :*Linum*

Especie: :*Linum. usitatissimum*

2.2.3. Características botánicas

Es un cultivo flori azul muy versátil y el tamaño es variable. La altura de la planta varía entre un mínimo de 25 centímetros en las variedades oleaginosas y un máximo de 1 metro en las variedades de fibra. Las hojas son sésiles, enteras y lineales (Mazzanl, 1963; Morris, 2007).

La semilla de linaza es plana y ovalada con un borde puntiagudo. Mide entre 4 y 6 mm. Tiene una textura tostada y chiclosa con agradable sabor a nuez. Su color varía desde café-oscuro hasta amarillo claro. La semilla está compuesta por un embrión o germen, un endodermo delgado, y dos cotiledones revestidos de una capa externa llamada endospermo (Morris, 2007).

Planta anual con tallos huecos de hasta 80 cm, erectos, estriados, generalmente sólo ramificados en la mitad superior, glabros. Las hojas, alternas, de 10-40 por 1-7 mm, son lanceoladas o linear-lanceoladas, generalmente trinervadas, glabras. La inflorescencia en panícula laxa, está compuesta de flores largamente pediceladas. Los sépalos miden de 7-9 mm, son ovado-acuminados, trinervados, los internos con una escariosidad más o menos ancha y fimbriada en la parte superior. Los 5 pétalos de 12-21 mm, son de forma obovada. Los frutos son cápsulas de 8-12 mm, globosas, puntiagudas con 10 lóculos con semillas de color oscuro, brillante y de forma

aplastada y alargada de 5-6 mm. El fruto seco recibe el nombre de «gárgola». En el hemisferio norte florece de febrero a abril.

Mazzani (1963), señala que el color de la semilla es de gran importancia para diferenciar entre las variedades. Esta característica es también importante en relación al contenido de aceite presente en la semilla, existiendo mayor contenido de aceite en las semillas color amarillo que en las semillas color oscuro. Además, especificó que las semillas de la familia Lináceas, contienen una mayor proporción de ácidos grasos linoleico y alfa linolénico y en menor proporción ácidos grasos palmítico y esteárico.

2.2.4. Composición fisicoquímica

La linaza es rica en grasa, proteína y fibra dietética, la semilla de lino posee entre un 30 y 48% de aceite (Sagpya, 2005).

Por otra parte, (Morris, 2007; Daun et al. 2003), coinciden que en promedio la linaza canadiense contiene 40 - 41% de grasa, 20% de proteína, 28 – 30 % de fibra dietética total, 6 - 7,7% de humedad y 3,4 – 4 % de cenizas, el cual es un residuo rico en minerales que queda después de quemar las muestras. Cabe destacar que el contenido de proteína se reduce a medida que se incrementa el contenido de aceite.

La composición química de la linaza se recoge en la tabla 2.3. No obstante, hay que señalar que esta composición depende de factores como la variedad, la zona de producción, la época en que se cultiva, etc.

Tabla 2.3: Composición química de las semillas de linaza, 100 g de producto.

Componentes	Unidades	Cantidad
Energía	Energía (kcal/kJ)	492-699 / 2.059
Grasas (g)	(g)	34,0-47,8
AGS	(g)	3,2
AGM	(g)	6,9
AGP	(g)	22,4
Proteínas	(g)	19,5-23,7
Carbohidratos	(g)	34,3
Fibra	(g)	25,8-27,9
Magnesio	(mg)	362
Calcio	(mg)	199

Fuente: USDA Nutrient Data Laboratory (2000)

El contenido de proteínas de la mayoría de los cultivares de linaza fluctúa entre 22,5 y 31,6 g/100 g. Las condiciones de procesamiento (descascarado o desgrasado) afectan el contenido de proteínas del producto derivado de la linaza. La cáscara tiene menores contenidos de proteína, por lo que, la harina sin cáscara y desgrasada tiene un alto contenido proteico. Como en muchas otras semillas, el contenido de globulinas es mayoritario, llegando al 77% de la proteína presente, en tanto que el contenido de albúminas representa al 27% de la proteína total. La proteína de linaza es relativamente rica en arginina, ácido aspártico y ácido glutámico; los aminoácidos

limitantes son lisina, metionina y cisteína (Daun et al., 2003; Hall et al., 2006).

El aceite, que constituye el componente principal de la linaza (35 a 43 g/100g base materia seca) ha sido por años el objetivo principal del procesamiento de esta semilla.

Morris (2007), señala que la linaza es una buena fuente de grasa vegetal omega-3, fibra dietética y otros nutrientes. Su composición nutricional la distingue de otras oleaginosas importantes como la canola y el girasol.

El contenido de fibra dietética en la linaza está constituido por fibra soluble y fibra insoluble, se encuentran en una proporción entre 20:80 y 40:60, la primera constituida por mucílagos y gomas a niveles de 7 a 10 %.

Del mismo modo se demostró, que por su contenido de lignina y α -linolenico se logran prevenir ciertos tipos de cáncer, particularmente los hormonas-sensibles, como los de pecho, endometrio, colon y próstata, además de tener propiedades antitumorogénicas, efectos positivos en el sistema inmunológico, cardiovascular y endocrino, lo cual sugiere que la linaza puede ser útil en la dirección clínica de pacientes con enfermedades inmunológicas como la artritis reumatoidea, soriasis y lupus sistemático, además reduce los niveles de colesterol en la sangre y el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

La linaza contiene muy pequeñas cantidades de azúcares solubles (1 a 2 g/100g). La mayoría de los hidratos de carbono presentes en esta especie, pertenecen al grupo de la fibra dietética. Se destaca entre otros granos por ser una excelente fuente de fibra dietética soluble e insoluble, la que en total puede llegar hasta 28% del peso seco de la semilla (Daun et al., 2003).

2.2.5. Usos y aplicaciones

La linaza es, sin duda, el alimento nutraceútico del siglo XXI, dado por su potencial ilimitado en la prevención y/o reducción en el riesgo de varias enfermedades graves incluyendo la diabetes, lupus, nefritis, arteriosclerosis y cánceres dependientes de hormonas (OOMAH, 2003).

a. En medicina y nutrición

Las cualidades medicinales y nutricionales de la linaza fueron reconocidas en la antigüedad, pero cayó en el camino ya que otros granos alimentarios han ganado importancia en la era industrial. La linaza es reconocida como una semilla nutraceútica principalmente por su alta concentración de ácidos grasos omega-3, y cada vez más por sus lignanos, fibra dietética y antioxidantes (BEST, 2001). El mismo autor, señala que los omega-3 y los fitoestrógenos, particularmente lignanos, son beneficiosos para una amplia gama de condiciones de la salud, como enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, enfermedades autoinmunes. Los omega-3 tienen dos funciones principales, una de ellas es que ayuda a la estructura de los tejidos de la membrana y la otra como precursores de las prostaglandinas, que son los mediadores en el control de la presión arterial, la coagulación, inmunidad y otras actividades fisiológicas.

b. En la industria de los alimentos

La linaza o semilla del lino (*Linum usitatissimum* L.) es rica en compuestos que se cree que proporcionan beneficios a la salud humana (ácido α -linolénico, lignanos y polisacáridos diferentes al almidón) y que se han

propuesto que, a través de su efecto anti hipercolesterolémico, anticarcinogénico, y controlador del metabolismo de la glucosa, pueden prevenir o reducir el riesgo de varias enfermedades importantes que incluyen la diabetes, el lupus, la nefritis, la aterosclerosis y los cáncer dependientes de hormonas. Además, se ha señalado que el consumo de linaza aumenta la producción de lignanos en los mamíferos. Estos efectos, junto con su alto contenido de proteínas, hacen de la linaza un ingrediente alimentario muy atractivo y uno de los alimentos funcionales más importantes del siglo XXI. La harina de linaza se puede usar en diversos tipos de alimentos, como productos de repostería, cereales de desayuno, "snack", barras nutritivas, bebidas nutricionales, helados y postres (Shearer y Davies, 2005).

2.3. ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

Son hierbas perennifolias, sobre todo erectas a suberectas que alcanzan un tamaño de 30-60 cm de altura, pubescentes a subglabras. Los foliolos de 5-20 mm de largo, 3-10 mm de ancho, obovadas a sublineal, dentados en el ápice, adpreso pubescentes; entera o dentada en la base. Inflorescencia en racimo pedunculado, el pedúnculo mucho más largo que el pecíolo. Corola de 6-12 mm de largo, violeta pálido lavanda. Las fruta o en una espiral floja de 11-4 giros, glabras a pilosas.



Figura 2.3: La alfalfa

La alfalfa es uno de los forrajes básicos utilizados extensivamente como fuente de nutrientes para el ganado. En la actualidad se mantiene su vigencia en los planteos productivos de carne o leche que requieren producción de pasto en calidad y cantidad.

La alfalfa es el alimento por excelencia para los animales en muchas partes del mundo. Fácil de cultivar, ha alimentado al ganado durante mucho tiempo. Ahora algunos investigadores han puesto sus ojos en la alfalfa y han descubierto propiedades nutritivas y para la salud muy interesantes (Zaragoza y Pérez, 2001).

2.3.1. Origen

La alfalfa tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Caúcaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí pasó a Italia en el siglo IV a. C. La gran difusión de su cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa.

La alfalfa fue difundida en varias regiones y valles italianos (como Lucerna de Italia), luego en Suiza (donde se la conoce como lucerne), España, Francia y posteriormente en el resto de Europa. La caída del Imperio Romano marcó una virtual desaparición del cultivo en Europa. Recién en el siglo XVI fue introducida nuevamente en Italia y desde allí se distribuyó al resto de Europa, Sudáfrica y Australia. La llegada de la alfalfa al continente americano se produce en el año 1519, en México. Posteriormente Hernán Cortez en 1525 trae más semillas a América y en 1530 Francisco Pizarro, en su conquista al Perú, introduce la alfalfa para la alimentación de sus caballos. De allí pasa a Chile llevada por Pedro de Valdivia en 1541 y Pedro del Castillo la introduce en Cuyo (Mendoza) en 1561. A Estados Unidos ingresa desde México en 1550 por misioneros que arribaron primeramente a Texas y luego se distribuyó por Arizona, Nuevo México y California, desde donde se extiende al resto del país adquiriendo una gran importancia su cultivo. Como se mencionó anteriormente, llegó primero a la región de Cuyo (Mendoza) proveniente de Chile, estableciéndose en el valle de Guentala o Huentata de los indios Huarpes (lo que actualmente coincide con la zona de Pedro Molina del departamento Guaymallén), extendiéndose luego al sur de la provincia y hacia el este del país (San Luis y Córdoba). (Ibarra, 1982).

2.3.2. Clasificación taxonomía

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa*, y tiene la siguiente clasificación taxonómica (Del Pozo, 1983).

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Fabales
Familia	:	Fabaceae
Subfamilia	:	Faboideae
Tribu	:	Trifolieae
Género	:	Medicago
Especie	:	M.sativa
Nombre binomial	:	<i>Medicago sativa</i> L.

2.3.3. Características botánicas

Es una planta con un suave tallo creciente de 1-2 metros de altura. Tiene color verde grisáceo, con hojas en forma de huevo; Se mira como un gran trébol. Las flores crecen en racimos con color violeta púrpura a veces con tonalidades rojas o blancas.

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa*. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

- ✓ Raíz. La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.
- ✓ Tallos. Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la siega.

- ✓ Hojas. Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados.
- ✓ Flores. La flor característica de esta familia es la de la subfamilia Papilionoidea. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.
- ✓ Fruto. Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm. de longitud (Salinas, 1988).

2.3.4. Composición fisicoquímica

La Alfalfa es una planta que tiene una gran riqueza en nutrientes beneficiosos para nuestro organismo como Vitaminas, minerales y gran aporte de proteínas, esta gran variedad y calidad de los nutrientes que aporta la Alfalfa la hacen un complemento ideal de la dieta en casos de debilidad, astenia, malnutrición, anemias y otras enfermedades carenciales en general. La Alfalfa es rica en las Vitaminas A, B₁, B₂, B₆, C, D, E y K. El 10% de su peso son minerales, entre los que destacan el Calcio, Fósforo, Hierro, Azufre, Sílice, Potasio, Magnesio y Sodio.

El 22% de su peso son proteínas, cuyo contenido aumenta si la semilla se ha germinado. También contiene isoflavonas (genisteína), cumarinas (cumestrol), saponinas y enzimas digestivas, aminoácidos (similares a los encontrados en la proteína animal), análogo a la hormona secretora de tirotrópina (thyrotropin-releasing hormone, TRH), azúcares, beta caroteno,

clorofila, cumarinas, enzimas digestivas, fitoesteroles, fitoestrógenos, flavonas, flavonoides, L-canaverina (Salinas, 1988).

La alfalfa es rica en clorofila y fibra dietética, la abundancia en estos nutrientes han inducido a las autoridades en nutrición en experimentar con la alfalfa como un alimento de fácil digestión para los países subdesarrollados.

Las investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura de EEUU en años recientes han revelado que la alfalfa contiene más proteínas que los granos de trigo y maíz y que su contenido en hidratos de carbono es sólo la mitad del que se encuentra en estos granos. Las proteínas de alfalfa contienen aminoácidos esenciales como la arginina, lisina, treonina y triptófano. Estos ácidos son de vital importancia para mantener una buena salud (Del Pozo, 1983).

2.3.5 Usos y aplicaciones

La Alfalfa posee más del doble de proteínas, cuatro veces más de calcio y dos veces más hierro que la mayoría de los vegetales (hablando de polvo - base seca). Inclusive su composición vitamínica es superior al poseer cuatro veces más vitamina A, tres veces más de complejo vitamínico B y nueve veces más de vitamina E sin contar además un alto porcentaje de vitamina K. Por su composición en hierro, vitamina K y vitamina A, se puede recomendar su uso para personas que tienen anemia, hemorragias o falta de apetito

Tabla 2.4: Composición fisicoquímica de la alfalfa, por 100 g de producto.

Componentes	Cantidad	Unidades
Energía	239.0	kJ
Energía	57.0	kcal
Agua	80.6	g
Proteínas	6.6	g
Grasa Total	0.4	g
Carbohidratos totales	6.8	g
Carbohidratos disponibles		g
Fibra dietética		g
Cenizas	5.6	g
Sodio	12.0	mg
Potasio	976.0	mg
Calcio	525.0	mg
Fósforo	155.0	mg
Hierro	3.9	mg
Zinc	--	mg
Tiamina	0.3	mg
Rivoflavina	0.3	mg
Niacina	1.7	mg
Vitamina C	183.6	mg

Fuente: USDA Nutrient Data Laboratory (2000)

2.4 EL TRIGO (*Triticum durum*)

El trigo es grano maduro, entero, sano y seco del género *Triticum*, de las especies *vulgare*, *compactum* y *durum* (Dendy y Dobraszczyk, 2004). El trigo es una gramínea de género *Triticum*, actualmente se vienen cultivando cerca de diez especies del género *Triticum*, pero solo dos de estas presentan interés desde el punto de vista comercial: el *Triticum vulgare* y el *Triticum durum*. El *Triticum vulgare* se muele con el fin de producir una harina, que se emplea para la confección de pan, tortas, galletas o productos similares. El trigo duro o *Triticum durum*, tiene un color ambarino, cariósipide alargada y vítrea a la sección, se emplea fundamentalmente como sémola para la fabricación de pastas alimenticias (Quaglia, 1991).



Figura 2.4: El trigo

2.4.1 Origen

Por los años 3200 antes de Cristo, se inventó en Egipto la escritura cuneiforme y el sistema decimal. Desde entonces abundan las referencias sobre la agricultura y el trigo, dando origen a las más variadas teorías en torno a su origen y cultivo.

Las especies actualmente más difundidas en el mundo, el trigo común o de pan (*Triticum aestivum*) y el trigo duro o de fideo (*Triticum durum*) son relativamente nuevas en comparación con la extraordinaria antigüedad de las especies progenitoras. Las referencias de las antiguas civilizaciones corresponden a formas primitivas del género *Triticum*.

Según algunos autores, en el período Paleolítico no se han encontrado rastros de este cereal pero en el Neolítico (10.000-2.500 A.C.), en muchas partes del este y de Europa Central, se hallaron restos de espigas y granos de distintas especies entremezcladas. Esto sugiere que su cultivo en este período data de muy antiguo.

Los tipos silvestres antecesores del trigo cultivado presentaron mucho interés para el hombre en todos los tiempos; para los antiguos pueblos (Egipto, Grecia, Roma) significaban un misterio y para el hombre contemporáneo un interrogante. Recién en los últimos 25 años del siglo pasado y particularmente en los más recientes dentro de este período, se han logrado grandes progresos en el conocimiento de la evolución de la especie, aunque subsisten aún muchos interrogantes.

En la antigüedad los griegos consideraban al trigo un regalo del dios Demeter y los romanos lo identificaron con su diosa Ceres. De acuerdo a la leyenda de Diodorus Siculus, la diosa Egipcia Isis descubrió el trigo y la cebada creciendo mezclados en el campo conjuntamente con otras plantas desconocidas. La región aludida correspondía a Nysa, "una alta montaña de Fenicia", posiblemente la región norte de Palestina, donde hoy se encuentra al estado espontáneo el trigo silvestre *T. dicoccoides*. Esta región y por extensión el Asia Menor, es señalada actualmente como la cuna del trigo,

donde presumiblemente tuvieron lugar las sucesivas síntesis de las especies que dieron lugar al trigo para pan que se cultiva actualmente en el mundo.

No se ha hallado la especie silvestre de la cual pueden haber derivado las formas actuales cultivadas de *T. aestivum*, pero se conocen los antecesores silvestres que han participado en su formación. Investigaciones recientes señalan tres especies como progenitores del trigo de pan; una correspondiente al mismo género *Triticum* (*Triticum boeoticum*) y dos al género *Aegilops* (*A. speltoides* y *A. squarrosa*). Cada una de estas especies contribuyó con un genomio de siete cromosomas, denominados A, B y C, a la formación del trigo hexaploide, *Triticum aestivum*.

Las tres especies mencionadas se encuentran al estado silvestre y difundido como malezas en el Asia Menor. La región de origen del trigo común evidentemente es el sudoeste de Asia, aunque no se halló ningún prototipo silvestre del cual pudiera derivar esta especie. Recién en la edad de bronce (2.000-7.000 A.C.) y de hierro (700-58 A.C.), aparecen en Europa granos similares en forma y tamaño a los del trigo común, que no fueron hallados en Egipto. Como referencia histórica sobre la introducción del trigo al continente americano, se sabe que en el segundo viaje de Colón en septiembre de 1493, la tripulación fue provista de trigo procedente de Xeres para elaborar bizcochos (galleta marinera) y que buena parte de esta semilla pudo haber sido sembrada en América (Ortiz, 2000).

2.4.2 Clasificación taxonomía

Según Calaveras (2004), el trigo corresponde a la siguiente taxonomía:

Reino : Eucariontes (vegetales)
Subreino : Cormofita
División : Espermafitas o Fanerógamas
Subdivisión : Angiosperma
Clase : Monocotiledóneas
Orden : Glumíferas.
Familia : Gramíneas (peicidales).
Género : Triticum.
Especie : Triticum Durum.

2.4.3 Características botánicas

Vaclavike (2002), menciona que la Cariópside del grano está compuesta de tres partes: el germen, el endospermo y el salvado.

El corte transversal de un grano de trigo muestra un núcleo central grande de almidón y el endospermo. El endospermo está cubierto por dos capas protectoras fibrosas e indigeribles; el salvado y la cáscara o cubierta. El embrión o germen, que contiene grasa, se localiza cerca de la base del grano.

El germen o embrión es la parte interna de la cariópside localizada en el extremo inferior de la misma. Constituye aproximadamente el 2,5%. Es el componente de la semilla con el porcentaje más alto de lípidos, conteniendo 6 a 10%. Contiene aproximadamente el 8% de la proteína de la cariópside (Quaglia, 1991).

El endospermo es principalmente almidón, mantenido por una matriz proteica. Contiene hasta 1,5% de los lípidos de la semilla, es más pobre en

fibra que el salvado y constituye aproximadamente el 83% de la semilla y aproximadamente 75% de la proteína de la cariósida.

El salvado es la cubierta externa de una cariósida, formado por varias capas que ofrece protección a la semilla, constituido por la capa externa del pericarpio y una capa interna que incluye la cubierta de la semilla. Representa aproximadamente 14,5% de la semilla contiene 19% de proteína, 3-5% de lípidos y minerales tales como hierro. El salvado tiene un alto contenido de fibra (Vaclavik, 2002).

2.4.4 Composición fisicoquímica

El trigo maduro está formado por: Humedad, carbohidratos, proteínas, lípidos, ceniza y fibra. Cada uno cumple una función durante el horneado. Debido a las implicaciones nutricionales, es importante considerar el contenido vitamínico del trigo y los productos de éste (Calaveras, 2004).

La humedad del trigo es un factor económico como de manejo. El comercio es realizado bajo la base de 12,5% de humedad en la semilla, mientras que la humedad óptima para la molturación se sitúa entre el 14% y el 17%. El exceso de humedad en el trigo puede presentar una desventaja y un peligro en su calidad ya que el trigo húmedo puede empezar a germinar, esto genera calor que puede perjudicar su calidad para los fines de molienda y horneado (Dendy y Dobraszcyk, 2004).

Quaglia (1991), señala que el 72% de la cariósida del trigo está constituido por carbohidratos o glúcidos. El componente glucídico más importante desde el punto de vista tecnológico y en el cual el grano es mayoritariamente rico, es el almidón por su importancia tecnológica la capacidad de absorber agua.

Tabla 2.5: Composición fisicoquímica del trigo por 100g.

COMPOSICIÓN	TRIGO
Energía Kcal	336,00
Agua (g)	14,50
Proteína (g)	8,60
Grasa (g)	1,50
Carbohidrato (g)	73,70
Fibra (g)	3,00
Ceniza (g)	1,70
Calcio (mg)	36,00
Fósforo (mg)	224,00
Hierro (mg)	4,60
Retinol (mg)	0,00
Tiamina (mg)	0,30
Riboflavina (mg)	0,08
Niacina (mg)	2,85
Ácido ascórbico (mg)	4,80

Fuente: Collazos, 1996.

La proteína es el componente que más afecta la funcionalidad y la calidad de los productos de trigo. Factores como la absorción de agua, tiempos de amasado y estabilidad están en función de la cantidad y calidad de la proteína (Serna, 1996).

Los lípidos tienen una importancia en el proceso tecnológico de transformación y en la conservación del producto final; la importancia se

debe a la propiedad tensoactiva de las grasas y a su capacidad de reacción con las proteínas (Quaglia, 1991).

El trigo entero contiene alrededor del 1,7% de ceniza. Las tres partes principales del grano de trigo contienen aproximadamente un 0,5% en el endosperma, 4,2% en el germen y 8,1% en las capas de salvado.

La fibra de trigo está formada principalmente de cuatro componentes: celulosa, hemicelulosa, xilanos y taninos. La celulosa es el polímero de glucosa b-1 de enlace 4 que comúnmente se encuentra en los tallos de las plantas y en cierta medida a todo lo largo de la semilla de trigo (Calaveras, 2004).

2.4.5 Usos y aplicaciones

Las harinas tienen múltiples aplicaciones en la industria alimentaria y se utilizan habitualmente en repostería, mezcladas con grasas y aceites, azúcar y otros componentes como el cacao, la vainilla y otras esencias. Con ellas se prepara una gran variedad de productos que incluye pasteles, tortas, bizcochos, galletas, rosquillas y hojaldres. Asimismo se emplean para elaborar pastas, para lo cual se usan harinas de trigo duro, si bien en algunos países se dispone también de pastas hechas a partir de la harina de soja.

La inmensa mayoría de la harina de trigo producida se emplea para fabricar pan. La variedad más apropiada para este tratamiento es el trigo crecido en climas secos, que posee mayor dureza y alcanza un valor en proteínas comprendido entre el 11 y el 15%. Los trigos de clima húmedo, de contenido proteínico más bajo, son más blandos y recomendables para la producción

de pastas y tortas. Aunque la mayor parte del trigo sembrado se utiliza para el consumo alimenticio humano y alrededor del 10% se destina a nueva siembra, se reservan pequeños porcentajes para empleo industrial en la elaboración de féculas, almidones, pastas, dextrosas, alcoholes y otros productos. Los trigos de calidades no aptas para el consumo humano, así como los subproductos de la molienda, se utilizan como alimentos para el ganado y los animales domésticos (Calaveras, 2004).

2.5 GALLETAS

Las galletas son productos de consistencia más o menos dura y crocante, de forma variable, obtenidas por el cocimiento de masa preparada con harina, con o sin leudantes, leches, féculas, sal, huevos, agua potable, azúcar, mantequilla, grasas comestibles, saborizantes, colorantes, conservadores y otros ingredientes permitidos debidamente autorizados. Según la norma galletas se define como: productos obtenidos mediante el horneado apropiado de las figuras formadas del amasado con agua, derivados del trigo u otras farináceas aptas para el consumo humano (INDECOPI, 1992).

La masa para la producción de galletas no esponja por acción biológica ya que no se emplean levaduras y no hay fermentación.

Estos productos son muy bien aceptados por la población, tanto Infantil como adulta, siendo, consumidos preferente entre las comidas, pero muchas veces también reemplazando la comida habitual de media tarde. Sus ingredientes son principalmente harina, azúcar y materias grasas, además de leche y huevos en algunos casos. Esta composición química declarada

hace suponer que estos productos constituiría una buena fuente calórica para el hombre y en especial para el niño (Zuccarelli et al., 1984).

Según INDECOPI (1992), las galletas se clasifican:

Por su Sabor:

- Saladas, Dulces y de Sabores Especiales.

Por su Presentación:

- Simples: Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego del cocido.
- Rellenas: Cuando entre dos galletas se coloca un relleno apropiado.
- Revestidas: Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado. Pueden ser simples y rellenas.

Por su Forma de Comercialización:

- Galletas Envasadas: Son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeña cantidad.
- Galletas a Granel: Son las que se comercializan generalmente en cajas de cartón, hojalata o tecnopor.

INDECOPI (1992) además, especifica los siguientes requisitos a considerarse en la fabricación de galletas:

- a. Deberán fabricarse a partir de materias sanas y limpias, exentas de impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.

- b. Será permitido el uso de colorantes naturales y artificiales, conforme a la norma técnica 22:01-003 Aditivos Alimentarios.
- c. Requisitos Físicoquímicos: Deberá presentar los siguientes valores, los que se indican como cantidades máximas permisibles.

Humedad 12%

Cenizas totales 3%

Índice de Peróxido 5 mg/Kg

Acidez (expresado en ácido láctico) 0.10%

2.5.1 Materia prima e insumos en la elaboración de galletas

a. Harina de trigo

La harina que se emplea para la elaboración de galletas es la proveniente de trigos blandos, debe ser de diámetro muy pequeño y homogéneo. La función de la harina es la de aportar almidón, responsable de dar la estructura al producto. Deberá entenderse por harina, sin otro calificativo, el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio (Calaveras, 2004).

Según la Reglamentación técnico sanitario para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano lo siguiente: Harina, sin otro calificativo, es el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo, *Triticum aestivum*, la mezcla de éste con el *Triticum durum*, en la proporción máxima 4:1 maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos

finamente triturados de otros cereales deberán llevar adicionado, al nombre genérico de la harina, el del grano del cual proceden (Ortiz, 2000).

La harina de trigo debe ser suave al tacto; al cogerla con la mano debe tener "cuerpo", pero sin formar un conglomerado, pues esto nos indicaría que es una harina con bastante humedad. Si una harina tiene sabor amargo, suele contener harina de semillas adventicias, y si tiene sabor dulce, puede contener harina de trigo germinado. Por lo tanto, una buena harina debe ser: color blanco-amarillento, no debe tener mohos, no debe tener olores anormales, que no tenga acidez, amargor o dulzor (Calaveras, 2004).

Dendy y Dobraszczyk (2004) cita que la harina de trigo puede contener entre 6% y el 20% de proteína, la mayor parte de la cual está en forma de gluten, un material polimérico altamente extensible cuando está en estado hidratado. Tanto la cantidad como la calidad de la proteína del gluten son indicadores clave de la calidad del trigo, especialmente con relación a la fabricación del pan.

b. Grasas y aceites

La grasa empleada puede ser de origen animal o vegetal, pero los que más se emplean son las de origen vegetal. Sus funciones son las de incorporar aire favoreciendo el esponjado, dan sabor y aroma, impiden la formación de gluten, son lubricantes, dan suavidad a la masa; presentan una desventaja que es la oxidación que facilita el deterioro y otorga olores desagradables al producto.

Las grasas ayudan a convertir una masa de la galleta tenaz, en algo extensible. Se obtiene productos crujientes y suaves. También tiene la

propiedad emulsificante, la grasa se dispersa en el amasado en pequeñas cavidades. Cuanto más finas son estas cavidades, reproducen galletas más finas, además favorece un alveolo más uniforme y fino (Calaveras, 2004).

Las grasas son productos que mediante modernos procedimientos industriales como la refinación, hidrogenación o endurecimiento, esterificación o la trans esterificación, han sido preparados para la transformación y aplicación en distintos usos. Tiene la propiedad de ser lubricantes especialmente en panes suaves y crujientes.

c. Huevos

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

Son usados en panificación, por su contribución considerable al valor nutritivo de los productos terminados y por el aumento del volumen, sabor, color, aroma y textura que dan al producto acabado.

La yema de huevo contiene lecitina, que actúa como emulsificantes, permite estabilizar una suspensión de agua y aceite en el pan (Sandoval et al, 1996).

d. Polvo de hornear

Su función es hacer que la masa crezca. Normalmente la fuente de anhídrido carbónico es el bicarbonato sódico, aunque también se emplean en algunos casos el carbonato y bicarbonato amónico; con estos últimos hace falta añadir ningún ácido ya que éste se desarrolla por sí mismo.

Para productos al horno empleados en dietas desprovistas de sodio se utiliza el bicarbonato. El bicarbonato sódico se disuelve fácilmente en agua disociándose en iones sodio, bicarbonato, ácido carbónico sin disociar y anhídrido carbónico disuelto.

La cantidad de esta última sustancia depende del pH de la solución, a un pH 8 se comprueba una notable presencia de anhídrido carbónico que tiende a disminuir en las soluciones neutras, para llegar a ser casi despreciable en soluciones ácidas.

El desarrollo de anhídrido carbónico es especialmente bajo a temperatura ambiente, o cuando se tiene una solución pura de bicarbonato sódico; en cambio, si el bicarbonato se añade a la masa con un pH 5 entre 6 al menos inicialmente se desarrolla el gas a considerable velocidad, que, sin embargo tiende a disminuir a medida que la masa va tornándose alcalina (Calaveras, 2004).

e. Azúcar y jarabe

Es considerado al igual que la harina en el constituyente mayoritario o parecido en porcentaje. Cumple funciones como: esponjante, favoreciendo la incorporación de aire e impide la formación de gluten, además humecta el producto es decir lo hace más blando, también aumenta el periodo de vida útil del producto final debido a que retiene agua y retarda la gelificación. Le aportan al producto el color.

f. Saborizantes y potenciadores de sabor

Son conocidos comúnmente como esencias. Son los que le dan el sabor, se encuentra saborizantes naturales o artificiales, debidamente aprobados por las autoridades correspondientes.

Sandoval et al. (1996), menciona que las esencias son soluciones poca viscosas de color y sabor característico y pueden ser: vainilla, chirimoya y naranja; las mismas que le van a conferir al producto sabor y aroma agradables.

g. Sal

Se utiliza con el fin de potenciar el sabor de las galletas. Se utiliza de 1-1.5% del peso de la harina. La misión de la sal es por una parte la de reforzar los sabores y aromas de la propia galleta y por otra parte afectar a la textura final de la masa (pueden alcanzar hasta un 2% del peso total de la harina) (Alonso, 1999).

Es también importante por su naturaleza iónica, que contribuye al control en el producto de la actividad de agua y por lo tanto, a su caducidad y su tiempo de vida libre de mohos. Un aumento en la concentración de sal, hace disminuir la cantidad de agua que admite la masa (Quaglia, 1991).

h. Agua

Es esencial para la elaboración de la masa que se va a hornear.

Caballero (1999), señala que el agua es, después de la harina, el ingrediente mayoritario en la formación de masas destinadas a galletería. La consistencia de la masa de harina depende, entre otros factores, de la

cantidad y de la calidad del agua utilizada durante el amasado. El agua tiene como misión activar las proteínas de la harina para que la masa adquiera textura blanda y moldeable. Además solubilizar todos los ingredientes secos de la masa, haciendo posible su total incorporación; proporciona un vehículo húmedo indispensable para el desarrollo de la fermentación alcohólica ya que al contacto del agua la levadura empieza a actuar.

i. Leche

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

La leche es un agente enriquecedor, que imparte sabor, mejora el aspecto, color y además mejora la estructura y brillo de la miga. Para productos de panadería es necesario que la leche haya sufrido algún tratamiento térmico por lo que se trabaja con leche evaporada, en polvo y otros. (Sandoval et al, 1998).

j. Conservantes:

Los más utilizados son el bicarbonato de sodio, los acidulantes y los colorantes.

Su función principal es de mantener por más tiempo el pan en condiciones óptimas, en este grupo tenemos al ácido sórbico, sorbato de potasio, sorbato de calcio, etc, que son inocuos para personas y animales por ser muy activos contra numerosos microorganismos y no alteran olor, sabor de los productos de panificación.

2.5.2 Proceso de obtención de galletas

Existen 3 métodos básicos empleados en la elaboración de galletas:

a. El Cremado (Creaming Up):

Los ingredientes son mezclados con la grasa a fin de obtener una crema, prosiguiéndose con la adición de harina, pudiendo realizarse esta en dos o tres etapas. El de dos etapas consiste en mezclar todos los ingredientes incluyendo el agua (a menudo como agente emulsificante) con excepción de la harina y el agente químico durante 4 a 10 minutos de acuerdo al tipo y velocidad del mezclador; posteriormente se añade el bicarbonato de sodio y harina continuando con el mezclado hasta adquirir una consistencia deseada. En el caso de tres etapas, se mezcla la grasa, azúcar, jarabe, líquido (leche o agua), cocoa, etc. hasta obtener una crema suave, agregándose el emulsificador y mayor cantidad de agua. Posteriormente se añade la sal, saborizante, colorante, el resto de agua mezclándose seguidamente con el propósito de mantener la crema y finalmente la harina, los agentes químicos y los otros ingredientes (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994).

b. El Mezclado “Todo en Uno”

Todos los ingredientes son mezclados en una sola etapa incluyendo el agua; parte del agua se utiliza para disolver los agentes químicos, saborizantes, colorantes, prosiguiéndose con el mezclado hasta obtener una masa satisfactoria (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994).

c. El Método del Amasado:

Consta de dos etapas: primero, la grasa, azúcar, jarabes, harinas y ácidos son mezclados hasta obtener una crema corta. Luego se añade agua (y/o leche) conteniendo los agentes alcalinos, sal, etc. mezclándose hasta alcanzar una masa homogénea. En la primera etapa, la harina es cubierta con la crema para actuar como una barrera contra el agua, formando el gluten con la proteína (Smith, 1972 citado por Meneses ,1994).

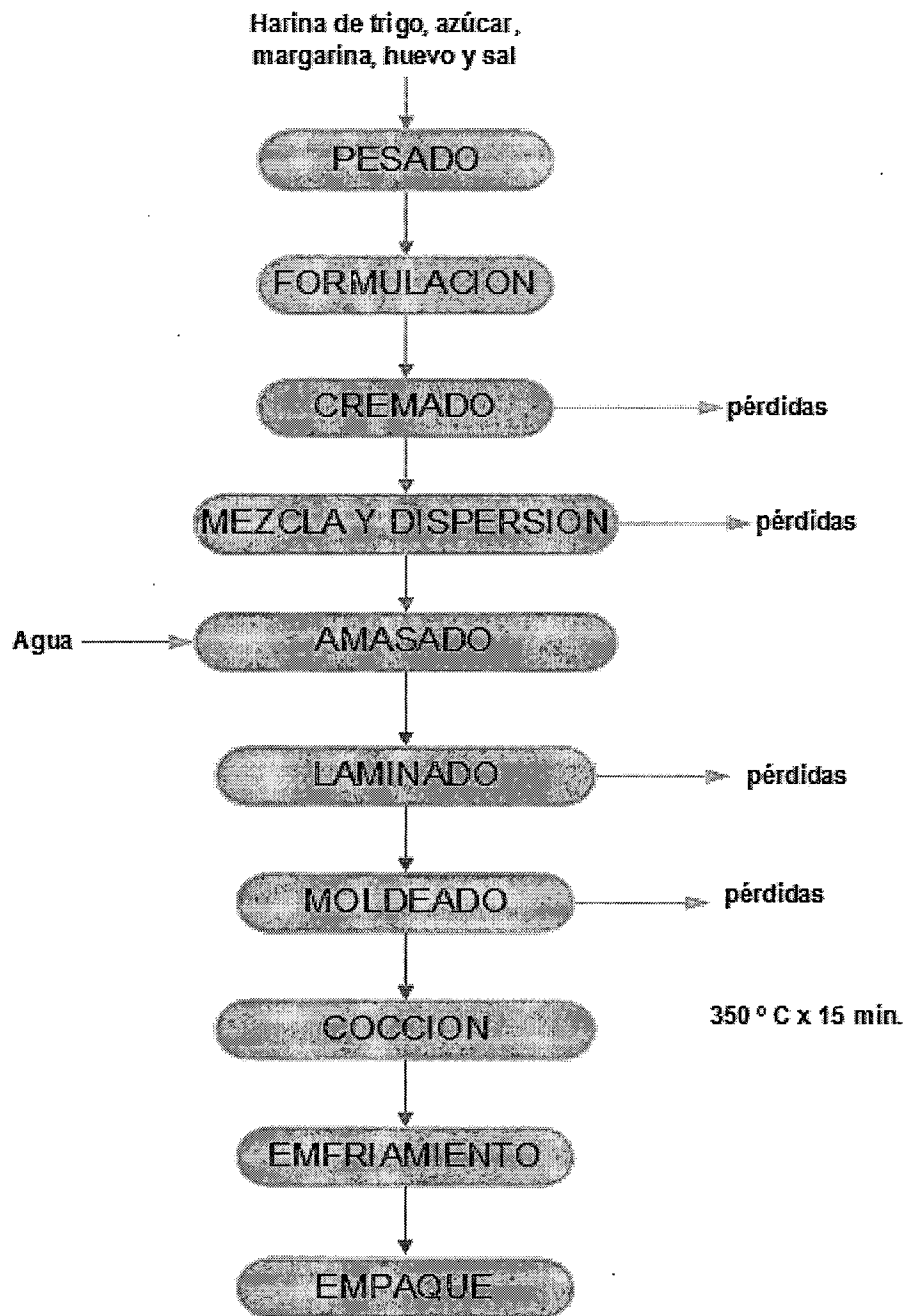


Figura 2.4: Flujograma de procesamiento de galletas

El proceso general para la obtención de galletas según la figura 2.4, consiste en la realización de las siguientes operaciones:

a. Mezcla y Dispersión:

Consiste en la disolución homogénea de los ingredientes sólidos en los líquidos.

b. Formación de la masa:

Con el amasado se consigue desarrollar el gluten a partir de las proteínas hidratadas de la harina.

c. Laminado:

La función del laminado es compactar la masa, transformándola en una lámina de espesor uniforme, la masa se comprime eliminándose el aire que contenga. Al formarse la lámina esta se dobla y se vuelve a pasar por la laminadora. La masa reposada se encoge y se engruesa, por lo que el grosor de la lámina depende del calibre de los rodillos.

d. Moldeado:

La forma del producto depende del mercado y el consumidor final. Las formas más comunes son redondas, rectangulares, de figuras y agujeros (permiten la salida del vapor de agua).

e. Cocción:

El proceso consiste en eliminar humedad por la acción de altas temperaturas. El producto esponja hasta que todo el almidón se haya gelatinizado.

Durante la cocción se presentan algunas modificaciones como:

- Disminución de la densidad del producto desarrollando una textura abierta y porosa.
- Reducción del nivel de humedad 1-45%.
- Cambio en la coloración de la superficie.

f. Enfriamiento:

Se enfría solidificándose el almidón y disminuye el volumen a medida que baja la temperatura. El enfriamiento debe ser paulatino para que no se rompa la galleta.

g. Empaque:

El empaque debe ser de material resistente a la humedad, para que no entre al producto pero que permita la salida de gases que se producen en el interior.

2.6 FORTIFICACION O ENRIQUECIMIENTO DE ALIMENTOS

De acuerdo al Codex Alimentarius (1994), fortificación o enriquecimiento es la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento (vehículo) estén o no contenidos normalmente en dicho alimento con el fin de prevenir o corregir la/s deficiencias demostradas en grupos específicos o en la población total.

La fortificación debe estar basada en evidencias científicas, que fundamenten tanto la deficiencia nutricional como el beneficio potencial para la salud del aumento de la ingesta del nutriente en la población objetivo.

Frente al creciente interés por fortificar los alimentos por parte de la industria de alimentos es necesario revisar en detalle los principios establecidos por la FAO en 1994, los cuales son de una vigencia y actualidad notables.

Los diez principios para la adición de nutrientes a los alimentos, son:

1. El nutriente debe estar presente en un nivel que no resulte ni en una ingesta insignificante o excesiva en relación a las cantidades presentes en la dieta.

2. La adición de un nutriente esencial a un alimento no debe producir un efecto adverso en el metabolismo de ningún otro nutriente.
3. El nutriente debe ser biológica mente disponible desde el alimento.
4. El nutriente debe ser suficientemente estable en el alimento bajo las condiciones habituales de empaque, almacenamiento, distribución y uso.
5. El nutriente no debe impartir características indeseables al alimento y no debe acortar la vida útil.
6. Deben estar disponibles las facilidades tecnológicas y de procesamiento para permitir la adición del nutriente de una manera satisfactoria.
7. La adición de los nutrientes esenciales a los alimentos no debe usarse para confundir o engañar al consumidor en relación a los méritos nutricionales del alimento.
8. El costo adicional debe ser razonable para el consumidor potencial.
9. Deben estar disponibles métodos de medición y control de los niveles de nutrientes adicionados a los alimentos.
10. Al plantear formulaciones, regulaciones, y normas sobre los alimentos fortificados, se deben identificar los nutrientes esenciales.

2.6.1 Fortificación de alimentos

Mejia et al (1994), formulo y evaluó galletas enriquecidas con micronutrientes para desayunos escolares, para ello utilizo como máximo 5% harina de pescado y 10% de concentrado proteico foliar de alfalfa, logrando como resultado que a medida que se incrementan los niveles de estos concentrados en la formulación de galleta, los niveles de proteína y hierro aumentan, siendo de muy buena aceptabilidad. La formulación optima

hallada para elaborar galletas enriquecidas con proteína foliar de alfalfa y de pescado fue de 7.23% de concentrado proteico foliar de alfalfa y 2.77% de harina de pescado, alcanzando una aceptabilidad moderada, según la metodología aplicada.

2.6.2 Enriquecimiento de alimentos a base de fibra

Dentro de los tópicos que han despertado gran interés en la investigación de la fibra dietética destaca la búsqueda permanente de recursos naturales que posean cantidades interesantes en este tipo de compuestos funcionales. (Villarreal y col., 2002).

Tomando en cuenta lo señalado previamente se denota que el contenido de fibra en los vegetales de consumo habitual oscila entre 3-8 % de alimento comestible. En la fruta es del 1,4 a 2,4 %, siendo la media de 1,6%.

La dieta pobre o escasa en fibra puede desencadenar diversos trastornos orgánicos, los cuales pueden implicar, en algunos casos, patologías graves como diabetes, arteriosclerosis, obesidad, constipación entre otros, por lo tanto la dieta debe ser variada y equilibrada. Entre sus componentes, las legumbres, las frutas y las verduras deben estar siempre presentes y así se logra gran variedad entre los distintos tipos de fibras aportados (Pak, 2000).

La investigación realizada por Maldonado y Pacheco, (2000); con la finalidad de evaluar el efecto de la harina de plátano verde deshidratada, en la fabricación de galletas, elaboraron galletas de harina de trigo suplementadas con 7 % del componente de interés y la compararon con galletas comercial de chocolate tipo cookie, obteniendo mejoras nutricionales y sensoriales de

esta manera al incrementar el contenido de fibra dietética y almidones resistentes se logra la sustitución de la harina de trigo.

Penna y col., (2003); elaboraron biscochuelos individuales enriquecidos con fibra dietética (mezcla de fibra de lupino y avena), vitaminas y minerales; dirigido específicamente a personas adultas, obteniendo mejoras nutricionales y sensoriales al incrementar el contenido de fibra dietética, vitaminas y minerales para así compensar el efecto adverso de la fibra sobre la biodisponibilidad de micronutrientes.

En la investigación realizada por Sáenz y col., (2002), con el propósito de incorporar un nuevo producto como fuente de fibra dietética, se formuló un polvo para la elaboración de flan suplementado con distintos niveles de nopal (tuna). El nivel óptimo de adición en la formulación definitiva fue de 16%. De esta forma se logró aumentar el contenido proteico y de nutrientes inorgánicos, presentando además, adecuadas propiedades físicas para lograr una buena dosificación durante su envasado industrial.

2.6.3 Enriquecimiento de alimentos a base de hierro

La fortificación de los alimentos con hierro fue identificada como uno de las estrategias para el control de la deficiencia de hierro en las Américas por la Organización Panamericana de la Salud (1996).

En Latinoamérica y el Caribe, encontramos tres tipos de fortificación:

- a) **Universal:** programas de fortificación de alimentos de consumo masivo tales como la harina de trigo y el maíz.
- b) **Focalizada:** programas de fortificación dirigidos a grupos específicos y dentro de programas de bienestar social, como los alimentos

complementarios para niños pequeños, alimentos para escolares, para ancianos (ej: leche en polvo, atoles, galletas y otros; y

- c) **Voluntaria:** fortificación de alimentos donde la adición de hierro y otros micronutrientes a alimentos procesados es permitida: cereales de desayuno, leches líquidas, etc.

Tabla 2.6: Fortificación de alimentos con hierro

UNIVERSAL	Harina de trigo Harina de maíz
FOCALIZADA	Alimentos Complementarios Leche en polvo Galletas y bebidas para escolares
VOLUNTARIA	Alimentos procesados Cereales para desayuno

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (1996).

En casi todos los países de América Latina, la harina de trigo está fortificada con hierro y vitaminas del complejo B. Sin embargo, los países de Centroamérica, Belize, Bolivia, Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador y Panamá le agregan hierro elemental de pequeño tamaño particular (tipo: reducido por agua) en un nivel promedio de 60 mg Fe/kg. Chile, Cuba, y Perú agregan sulfato ferroso en un nivel de aproximadamente 30 mg/kg, mientras Venezuela agrega fumarato ferroso

en niveles de 20 mg Fe/kg. Recientemente, Centro América planea cambiar el hierro elemental por fumarato ferroso (45 mg Fe/kg) .

En Venezuela, la harina de maiz precocida está siendo fortificada con fumarato ferroso (30 mg Fe/kg) y con hierro elemental (20 mg Fe/kg). En México y Centroamérica se está introduciendo la fortificación voluntaria de la harina de maíz nixtamalizada.

En Chile, se agrega hierro (sulfato ferroso) y ácido ascórbico a la leche en polvo que se distribuye a través del Programa Nacional de Alimentación Complementaria (70% de los lactantes hasta los 2 años de edad). En Argentina el Ministerio de Salud está activamente trabajando para introducir una práctica semejante. Al igual, Costa Rica está considerando la fortificación con bisglicinado ferroso.

Además, se agrega hierro en forma de sulfato ferroso o fumarato ferroso a los alimentos complementarios para niños pequeños y para almuerzos escolares en Centro América, Ecuador, México y Perú. La naturaleza de estos productos permite que sea posible agregar niveles de hierro más altos (100-200 mg Fe/kg) sin causar alteraciones en las propiedades sensoriales en los alimentos.

Hoy en día, el único programa cuya efectividad ha sido demostrada es la fortificación con hierro de la leche en polvo que el Programa Nacional de Alimentación Complementaria de Chile entrega a los lactantes (Figura 1). Hay evidencias indirectas de un efecto positivo del consumo de harina de trigo fortificada con sulfato ferroso en Chile (país gran consumidor de pan) y también de consumo combinado de harinas de trigo y precocida de maíz fortificadas en Venezuela. También, el programa de almuerzo escolar en

Perú, Desayunos escolares que maneja el INS y el PRONAA muestra evidencias que sugieren efectos positivos en la población objetivo.

Hay varias razones que explican porque la harina de trigo ha sido un vehículo elegido para ser fortificado en la mayoría de los países de la Región, a pesar de su más bien escaso consumo en algunos. La fortificación con hierro de otros alimentos de gran consumo como el maíz y el arroz presentan limitaciones técnicas en el proceso.

2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria (Ureña, 1999).

Se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se puede mencionar, por su importancia:

- Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- Olor: los miles de compuestos volátiles que constituyen el aroma.
- Gusto: dulce, amargo, salado y ácido.
- Textura: dureza, viscosidad y granulosidad.
- Sonido: aunque de poca aplicación en los alimentos, se correlaciona con la textura; por ejemplo, crujido (Pedrero, 1989)

La evaluación sensorial está constituida por dos procesos definidos según

su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico. Mediante el primero se obtiene las apreciaciones de los jueces a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo, dándoles con ello la objetividad deseada.

Diseño experimental es el plan, arreglo o secuencia de pasos para organizar, llevar a cabo y analizar los resultados de un experimento. Este es formulado según los objetivos del proyecto, las pruebas sensoriales, los procedimientos, las condiciones de prueba, los recursos disponibles y el tipo de prueba estadística a ser utilizado.

Las características más importantes de un buen diseño experimental son: la aleatorización, bloques, repeticiones. Con la primera se minimizan los efectos de fuentes incontrolables de variación o error y se elimina el sesgo, con la segunda se controlan los efectos de fuentes de variación conocidas y se mejora la eficiencia. La tercera proporciona un estimado del error experimental y aumenta la confiabilidad y validez de los resultados de la prueba. (Ureña, 1999)

2.7.1 Análisis sensoriales

a. Test descriptivo

Todos los métodos de análisis descriptivos implican la detección y la descripción tanto de aspectos sensoriales cualitativos como cuantitativos de un producto por paneles entrenados. Estos test se utilizan para obtener una descripción detallada del aroma, sabor, textura, apariencia y forma de los alimentos, bebidas y de cualquier producto (Meilgaard, 1999).

Para la evaluación de los resultados obtenidos se pueden utilizar

herramientas como el análisis de varianza, ANOVA, técnica estadística que permite estudiar si existen diferencias significativas entre la media de la calificaciones asignadas a más de dos muestras. Esta técnica de análisis puede desarrollarse para explicar, en diversos niveles, el comportamiento de los datos propios de un experimento, por ejemplo dos vías, donde se puede explicar la diferencia entre dos variables del estudio, similitud entre muestras y similitud entre fallos de jueces (Pedrero, 1989).

b. Test de calidad

Este método consiste en valorar la calidad basándose en criterios establecidos. Las muestras son evaluadas con escala de calidad, y un producto es rechazado cuando los puntajes promedio de calidad están bajo un límite previamente establecido (Muñoz, 1992).

Para la evaluación de los resultados obtenidos se pueden utilizar herramientas como el análisis de varianza ANOVA.

c. Análisis afectivos

Estos análisis son empleados en la evaluación sensorial de alimentos para conocer la aceptabilidad de estos por parte del consumidor así como también su preferencia en el consumo. En ambos casos, se busca medir estos criterios a partir de datos obtenidos de una muestra poblacional representativa de un grupo social de individuos que, por consideraciones de idiosincrasia de su consumo, cultural, nivel económico, lugar de residencia, entre otros aspectos socioeconómicos y culturales, tienden a coincidir muchas veces en "gustos", "apetencias", "vicios" e intereses; datos que serán luego analizados estadísticamente para su valoración y posterior aceptación o rechazo de la hipótesis enunciada inicialmente. Por lo tanto,

considerando lo mencionado se deduce que se hace idónea la constitución de esta muestra poblacional por los mismos consumidores (Ureña, 1999).

Para la evaluación de los resultados obtenidos se pueden utilizar herramientas como Ji-cuadrada, estadístico que se utiliza para probar, de acuerdo a cierta hipótesis en qué grado una distribución de frecuencia observada se compara con una distribución esperada o teórica (Pedrero, 1989).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ubicada a 2750 msnm. Los experimentos se ejecutaron de junio a setiembre del 2015, en los siguientes laboratorios:

- ✓ Laboratorio de Procesos Agroindustriales.
- ✓ Laboratorio de Análisis de Alimentos.
- ✓ Centro Experimental de Panificadora de la FIQM.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Se utilizó como materia prima harina de trigo pastelera, harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), harina de linaza (*Linum usitatissimum*) y concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa*).

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Reactivos químicos

- Solución de indicador rojo de metilo 0,1 %.
- Indicador de fenolftaleína
- Ácido bórico.
- Alcohol etílico 96%
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1,25%
- Catalizadores (sulfato de potasio (15g)+sulfato de cobre (0,5 g))
- N-hexano
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1,25%
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40%
- Solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,1N
- Solución de indicador rojo de metilo 0,1%

3.3.2. Insumos y aditivos

- Azúcar.
- Manteca vegetal
- Sal
- Huevo
- Esencia de vainilla
- Agua
- Polvo de hornear.

3.3.3. Materiales de laboratorio

- Termómetro de 0-100 °C
- Matraz de 500 mL, 100 mL y 50 mL

- Pissetas con agua destilada.
- Probeta de 10 mL, 100 mL y 1000 mL.
- Campana de desecación con silicagel.
- Crisol de porcelana.
- Embudos
- Papel filtro
- Erlenmeyer de 250 mL y 500 mL
- Placas petri
- Varilla de vidrio
- Pipetas de 2,5 mL, 5,0 mL y 10 mL.
- Vasos de precipitado de 50 mL, 100mL y 1000 mL
- Pinzas
- Espátula
- Fiolas de 100 mL, 1000 mL
- Baño maría (30° a 90°C)
- Mortero
- Balones de digestión.
- Espátula
- Luna de reloj
- Bureta de 50 mL
- Papel filtro

3.3.4 Equipos

- ✓ Equipo KJELDAHL de proteínas, marca VELP SCIENTIFIC
- ✓ Horno de incineración (mufla) marca FSC, modelo MD2-106, T° máx.

1200 °C.

- ✓ Estufa marca BIONET modelo ESTBN20 temperatura hasta 300 °C.
- ✓ Balanza analítica marca AND, sensibilidad 0.001 g, capacidad máx. 220 g.
- ✓ Equipo de digestión para fibra cruda, marca QUIMIS
- ✓ Equipo de extracción de grasa Soxhlet LABCONCO RAPAD.
- ✓ Determinador de Humedad marca METTLER modelo MJ33.
- ✓ Agitador magnético, IKAMAG LABORTECHNICK, tipo RCT, serie 300764.
- ✓ Cocina eléctrica.
- ✓ Centrifuga HW, KESSEL S.A. RPM 0 -10000.
- ✓ Cocina semi industrial a gas
- ✓ Amasadora de capacidad 25 kg
- ✓ Divisora
- ✓ Horno giratorio de panificación, marca ANLIN

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología utilizada en el desarrollo del presente trabajo de investigación se describe a continuación.

3.4.1 Obtención del extracto foliar de alfalfa

La obtención del extracto foliar de alfalfa se obtuvo de acuerdo al diagrama mostrado en la figura 3.3.

El coagulo foliar obtenido se llevó a secar en estufa a 50-60 °C con circulación de aire hasta obtener un concentrado foliar seco con menos del 10% de humedad.

El concentrado foliar obtenido se llevó a molienda en un molino de mano hasta obtener un polvo fino de color verde oscuro



Figura 3.1: Alfalfa fresca

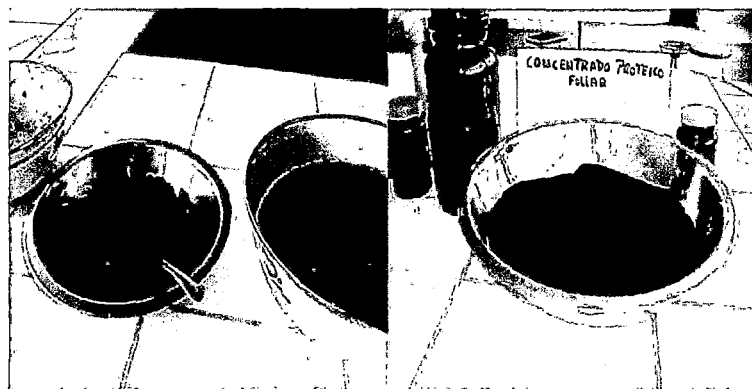


Figura 3.2: Concentrado foliar seco de alfalfa

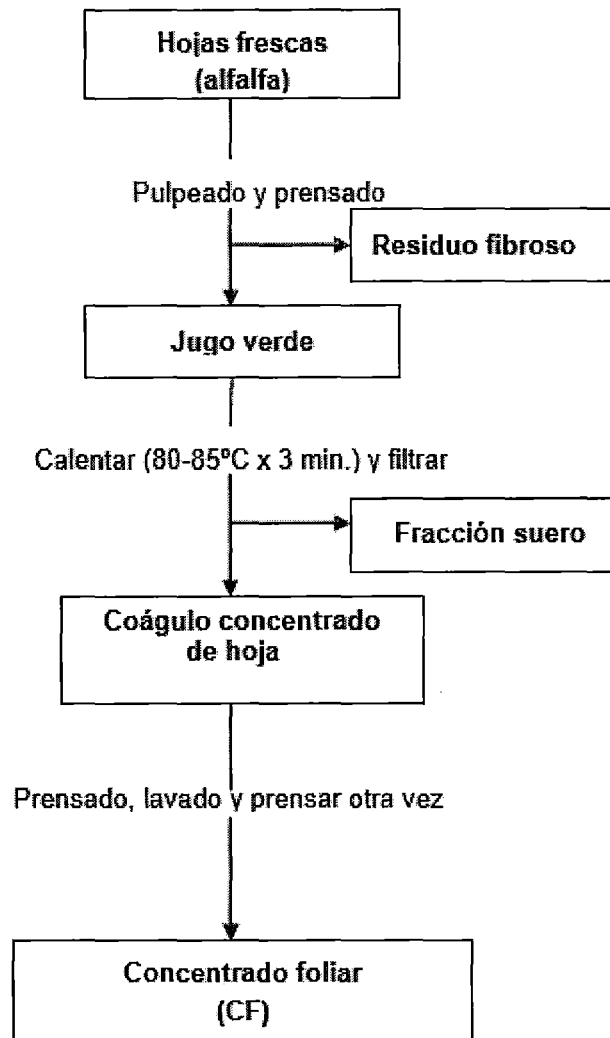


Figura 3.3: Flujograma de la obtención del concentrado foliar de alfalfa fresca

3.4.2. Formulación y preparación de las galletas

La formulación básica incluyó harina de trigo como mínimo el 50%, la harina de kiwicha, harina de linaza y el concentrado foliar de alfalfa como máximo el otro 50%.

La formulación adicional sobre la formulación base consistió en los siguientes porcentajes: sal 0.50%, mantequilla 45,85 %, yema de huevo

13.75%, azúcar 50,00%, esencia de vainilla 0.50% y polvo de hornear 0.89%. Las galletas fueron elaboradas en el Centro experimental de panificación de la FIQM, siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 3.9.

3.4.3. Descripción del proceso de la elaboración de galletas

a) Recepción

Se recibieron las materias primas (Harina de Trigo, Harina de kiwicha, Harina de linaza molida y concentrado foliar de alfalfa) y los insumos a usarse en la elaboración de la galleta. En esta operación primero se lleva a cabo una inspección visual del producto, para verificar que las materias primas no contengan algún material contaminante ni han sido adulteradas e incluyen la revisión de las características físicas del ingrediente verificando su fecha de producción y vencimiento.

b) Formulación

La formulación usada y la cantidad a elaborar es la que se obtuvo de la parte experimental, la formulación se realizó en base a 3172,40 g de masa seca para galletas enriquecidas con proteína (Harina de kiwicha), con fibra (harina e linaza) y con hierro (concentrado foliar de alfalfa).

La formulación se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Formulación para la elaboración de galleta

Ingredientes	%
Formulación base	
Harina de trigo	>23%
Harina de kiwicha	10-40%
Harina de linaza	3-5%
Concentrado foliar de alfalfa	2-10%
Formulación adicional	
Sal	0.50%
Azúcar	50.00%
Polvo de hornear	0.89%
Huevos	13.75%
Grasas	45.85%
Esencia	0.50%

c) **Pesado**

Se pesan las materias primas e insumos de acuerdo a la formulación obtenida de la parte experimental. Esta operación es muy importante porque vamos a determinar el rendimiento final y poder realizar nuestro balance de materia y además de conocer los costos que implica la elaboración de galleta enriquecida con proteína, fibra y hierro. El pesado de los insumos se realiza en balanzas de aguja, tipo reloj y digital.

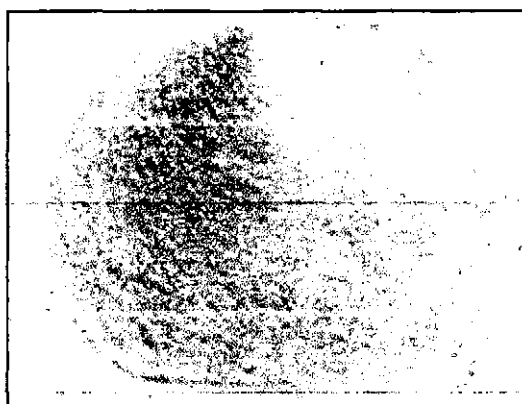


Figura 3.4: Harina de kiwicha



Figura 3.5: Harina de linaza

d) Amasado

El amasado fue la operación donde se incorporan todos los ingredientes teniendo en cuenta que se mezclen adecuadamente cada uno de ellos. Primero se hizo el amasado con las harinas secas (harina de trigo, harina de kiwicha, harina de linaza, concentrado foliar de alfalfa, azúcar, polvo de hornear y sal) y luego se fue agregando la margarina y luego las yemas de huevo y por último la esencia de vainilla. La amasadora siempre se trabajó en la primera velocidad para poder evitar que la masa se caliente y así

mantener intacto el gluten. El tiempo de amasado depende de la formación de masa, posteriormente se detuvo el amasado.

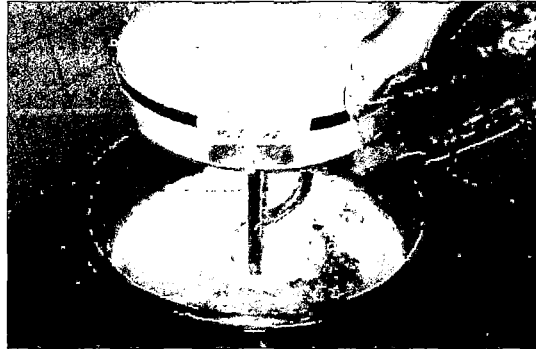


Figura 3.6: Amasado de ingredientes para galleta

e) Laminado y cortado

En este proceso, se trató de estirar la masa hasta un espesor de 0,5 cm aproximadamente, debemos proteger a la contra el enfriamiento y utilizarse sin demora y la masa de recortes debe mezclarse inmediatamente con ella en el laminado. Debido a que la masa al momento de enfriar se pone dura y no tiene elasticidad.

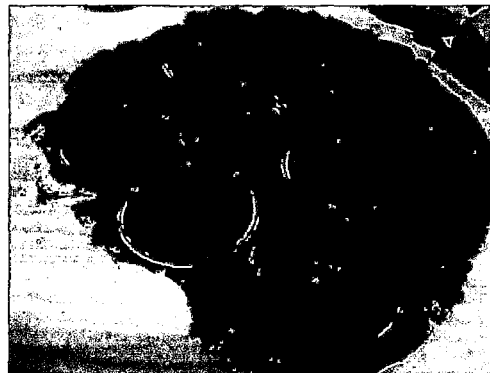


Figura 3.7: Laminado y cortado de la galleta

f) Horneado

El carrito con las bandejas de galleta se colocó en el horno rotatorio a una temperatura de 160°C por un tiempo de 8 minutos. Lo que conlleva a la evaporación de parte del agua contenida en la galleta.

Siempre se tiene que vigilar que este tiempo y temperatura se mantengan constantes, en caso contrario puede acarrear problemas en el desarrollo de la galleta. Pues demasiado calor podría quemar las galletas y demasiada humedad haría la galleta muy suave. Durante los primeros 4 minutos la masa se empezó a hinchar un poco, lo característico de una galleta, y a los 6 minutos se evapora el agua de la galleta y 8 minutos ya la galleta esta cocida, lista para retirar del horno.

g) Enfriado:

Luego del horneado, se retiró el carrito con las galletas y se colocó en una zona fresca, seca, fría y libre de contaminación. Durante el enfriamiento la humedad interior de la galleta sale al exterior a través de la corteza. Las galletas se enfriaron por un espacio de 30 a 40 minutos a temperatura ambiente antes de ser embolsados. En este caso el tiempo de enfriamiento fue de 30 minutos.

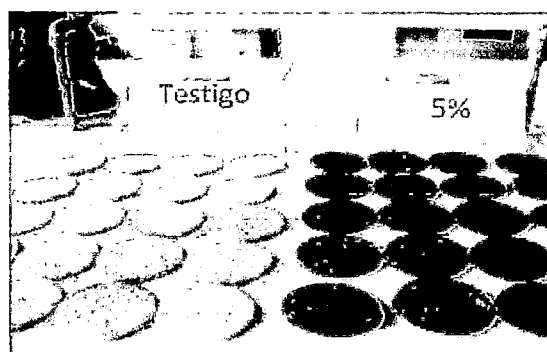


Figura 3.8: Enfriado de las galletas

h) Embolsado:

Luego de ser enfriadas las galletas fueron envasadas en bolsas de polipropileno litografiadas, los cuales son los más adecuados para conservar las características organolépticas de la galleta, así como evitar cambios fisicoquímicos. También son selladas con la selladora. Al embolsar se obtiene galletas de 8 unidades y un peso total, en paquete, de aproximadamente 80 g.

i) Almacenamiento:

Luego se procedió a almacenar la galleta en un lugar limpio alejado de olores extraños para evitar contaminación, se almacenó a temperatura ambiente. De acuerdo al tiempo que se dejó la galleta en almacenamiento, estas mantienen sus características organolépticas durante dos semanas a más. Si se consume la galleta se tiene que mantener en la misma bolsa y cerrada. Si se deja la bolsa abierta empieza a perder humedad, por lo que tiende a humedecerse y puede provocar la presencia de hongos y mohos.

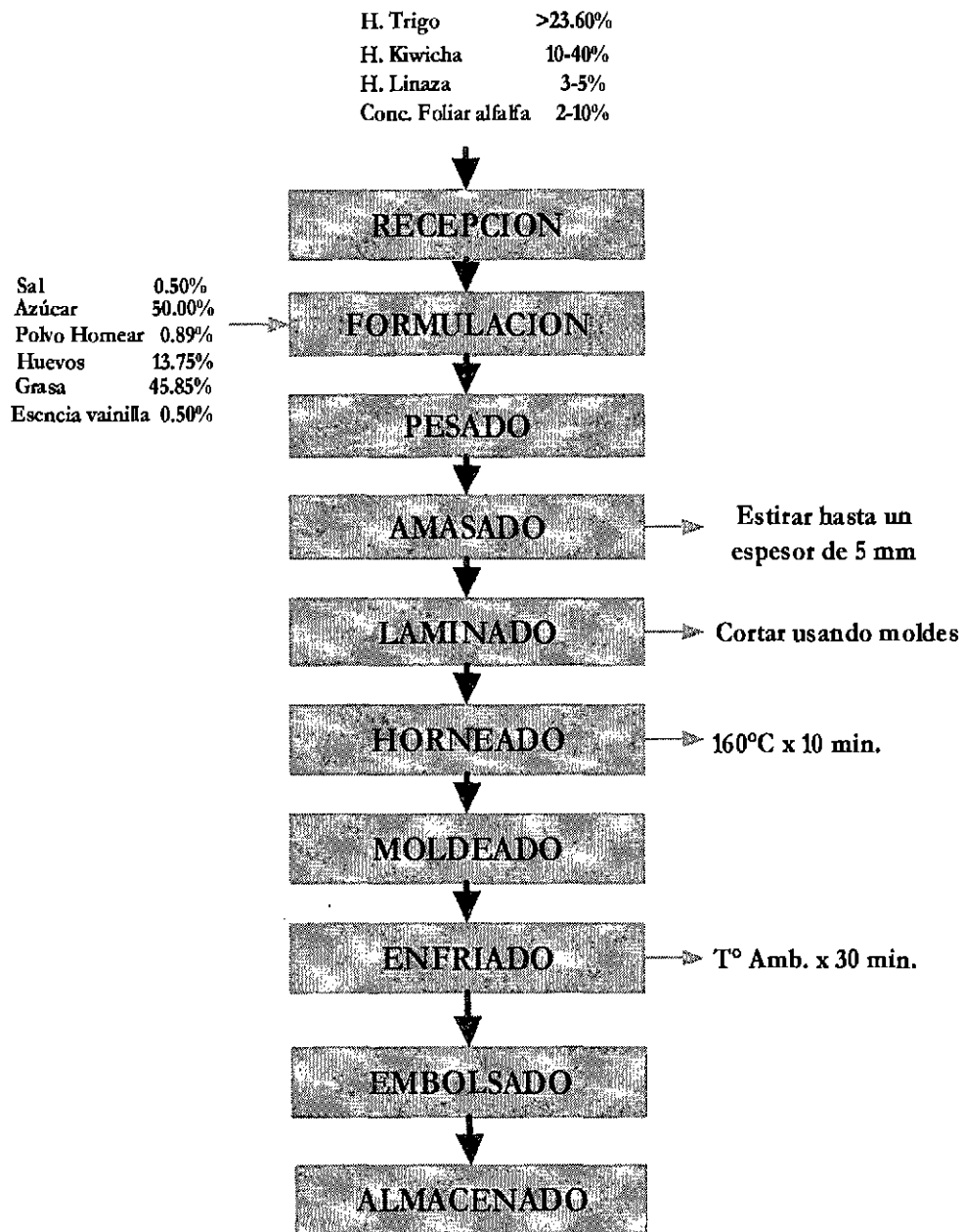


Figura 3.9: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de galletas enriquecidas

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el objeto de diseñar una formulación de galletas con características óptimas se utilizó el software STATGRAPHICS, las variables respuestas fueron obtenidas después de los análisis respectivos a la que fueron sometidas cada variable con el siguiente diseño.

Clase de diseño : Superficie de Respuesta

Nombre del Diseño : Diseño compuesto central:

2²+estrella

Características del diseño : Rotable

Diseño Base

Número de factores experimentales: 3

Número de bloques : 1

Número de respuestas : 3

Número de corridas : 16, incluyendo 2 puntos centrales
por bloque

Grados de libertad para el error : 6

Aleatorizar : No

Tabla 3.2: Niveles de los factores de la galleta optimizada

Denominación	Nivel real		
	% H. kiwicha	% H. Linaza	% CFA
Nivel mínimo (Z_1)	10.0	3.0	2.0
Nivel bajo (Z_2)	16.1	3.4	3.6
Nivel medio (Z_3)	25.0	4.0	6.0
Nivel alto (Z_4)	33.9	4.6	8.4
Nivel máximo (Z_5)	40.0	5.0	10.0

Con estas condiciones de factores de estudio ingresado en la base de datos de programa Statgraphics nos da la matriz de experiencias que se muestran en la tabla 3.3 en lo cual se ha creado diseños que estudiaran los efectos de 3 factores en 16 pruebas experimentales que se detalla más adelante. El diseño será ejecutado en un solo bloque.

Tabla 3.3: Respuestas y sus unidades de la galleta optimizada

Respuestas	Unidades
Textura (texturometro)	$dm^2/kg.s$
Color (E.Hed.1-7)	Puntaje
Sabor (E.Hed.1-7)	Puntaje

Tabla 3.4. Numero de tratamientos experimentales, según el DCA.

TRATAMI ENTOS	FACTORES DE ESTUDIO			RESPUESTAS		
	Harina de kiwicha (%)	Harina de Linaza (%)	Conc. Foliar alfalfa (%)	Textura	Color	Sabor
1	16.1	3.4	3.6			
2	33.9	3.4	3.6			
3	16.1	4.6	3.6			
4	33.9	4.6	3.6			
5	16.1	3.4	8.4			
6	33.9	3.4	8.4			
7	16.1	4.6	8.4			
8	33.9	4.6	8.4			
9	10.0	4.0	6.0			
10	40.0	4.0	6.0			
11	25.0	3.0	6.0			
12	25.0	5.0	6.0			
13	25.0	4.0	2.0			
14	25.0	4.0	10.0			
15	25.0	4.0	6.0			
16	25.0	4.0	6.0			

Para determinar los valores máximos y mínimos de cada uno de las variables se utilizó como línea de base la investigación realizada por MEJIA

et al (2013) en el que formulo galletas con concentrado foliar de alfalfa en un rango de 2-10%, como enriquecedor de proteína y hierro.

Para el caso de la linaza se empleó en un rango de 3-5% de harina de Linaza en base a la investigación realizada por (Alemán, 2005). Para la harina de kiwicha se han encontrado trabajos de investigación que utilizaron hasta el 40% en mezcla.

Luego se determinó el mejor tratamiento utilizando el Diseño Central rotatable. El nivel óptimo de cada factor en estudio fue aquel que resulte mejor en las pruebas discriminativas de ordenamiento realizadas en la evaluación sensorial y la firmeza ($\text{dm}^2/\text{kg.s}$).

3.6. EVALUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los componentes de las harinas se determinaron por diferentes métodos:

3.6.1. Análisis químico proximal de la materia prima

El análisis químico proximal se realizó de la harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa, según la siguiente metodología.

- ✓ Humedad, se realizó mediante el método de pesadas luego del secado de 100 a 105 °C por 6 horas según el método de la A.O.A.C. (1984).
- ✓ Proteína, por ensayo Kjeldahl, según el método de la AO.AC. (1984).
- ✓ Grasa Cruda, por extracción Soxhlet según el método de la A.O.A.C (1984).
- ✓ Cenizas totales por incineración directa, según el método AO.AC (1984).
- ✓ Fibra bruta por hidrólisis acida básica (NTP 2005-003-1980).

- ✓ Carbohidratos, por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína, grasa cruda, cenizas totales y fibra cruda, método de AO.AC (1984).

La descripción del análisis proximal se presente en el anexo 01

3.7.EVALUACIÓN DE LA GALLETA ENRIQUECIDA

Las galletas elaboradas con las tres formulaciones óptimas se sometieron a evaluaciones organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas.

3.7.1. Evaluación sensorial

Los atributos sensoriales evaluados fueron de sabor, color y apariencia general, para ello se utilizó el método de análisis comparativo con escalas hedónicas de 1 a 7 puntos para el atributo sabor, color y apariencia general, establecido por (Anzaldua, 1994).

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las galletas en estudio fueron analizados mediante el análisis de varianza de una clasificación por rangos de la prueba de comparación múltiple de Tuckey (Calzada, 1984).

3.7.2. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal se realizó a la galleta optimizada, según la siguiente metodología.

A partir de muestras de galletas previamente pulverizadas se efectuaron los análisis químicos proximales de los cuatro tratamientos. Se determinó

humedad, proteína, grasa, cenizas totales, fibra bruta, carbohidratos y hierro según la metodología indicada en el numeral 3.6.1.

3.7.3. Análisis microbiológicos

Se realizó siguiendo los métodos recomendados por la Comisión Internacional sobre especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF) y comprendió la numeración de aerobios mesófilos, numeración de Hongos y numeración de coliformes.

➤ Determinación de mesófilos aerobios viables.

El número de microorganismos mesófilos aerobios (recuento en placa) encontrados en un alimento es uno de los indicadores microbiológicos de calidad de los alimentos más comúnmente utilizados. El método empleado es el de recuento en placa por siembra de gotas en superficie.

➤ Recuento de mohos y levaduras.

Los mohos y las levaduras causan importantes pérdidas por alteración de alimentos, cuyo almacenamiento se realiza en condiciones inadecuadas. Además, existe el peligro potencial de producción de micotoxinas por parte de los mohos. El método empleado es el de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa en todo el medio.

➤ Determinación de coliformes fecales.

Se determinaron la presencia de microorganismos, mediante pruebas para coliformes, aplicando la técnica del NMP (Numero Más Probable) y el método del caldo lactosa bilis (2%), coloración verde brillante con confirmación posterior.

3.8. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A los resultados obtenidos se les calculó la media y la desviación estándar. Para establecer las diferencias significativas entre muestras se empleó un análisis de varianza (ANOVA), con posterior comparación de medias (Test de Tukey) usando el programa estadístico STARTGRAPHICS PLUS (Sistema de Análisis Estadístico). El nivel de probabilidad empleado para todos los análisis estadísticos fue $p= 0,05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. Análisis químico proximal

Como materia prima en el trabajo experimental se utilizó harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa, provenientes de la Provincia de Huamanga.

En la tabla 4.1, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la evaluación químico proximal de las materias primas empleadas en la elaboración de galletas enriquecidas. Los resultados obtenidos de los macro componentes fueron los que resultaron del promedio de tres repeticiones.

Tabla 4.1: Análisis químico proximal de la harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa (en 100 g de parte comestible)

Componentes	Harina de kiwicha		Conc. Foliar alfalfa		Harina de Linaza	
	(g)	SD	(g)	SD	(g)	SD
Humedad	8.93 ± 0.13		81.79 ± 1.07		7.88 ± 0.068	
Proteínas	12.30 ± 0.18		4.63 ± 0.21		22.89 ± 0.926	
Grasa	5.34 ± 0.08		0.77 ± 0.04		37.28 ± 0.632	
Ceniza	2.43 ± 0.04		5.19 ± 0.15		1.71 ± 0.062	
Carbohidratos	71.00 ± 0.11		7.62 ± 0.89		69.76 ± 1.206	

Fuente: Resultados del estudio

Como se observa se determinó los componentes de cada una de las materias primas (como humedad, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza), siendo algunos valores ligeramente superiores y en otros inferiores a los reportados por Collazos (1996) y lo reportado por Mejía (2009), esta diferencia probablemente se debe a factores como el tipo de suelo, estado de maduración y también debido al tipo de procesamiento de las harinas.

En la composición químico proximal observada en la tabla 4.1, se observa que el principal componente de la harina de kiwicha es la proteína con un 12,30 g, seguido por los carbohidratos con un 71,00 g, lo que hace que sea una harina con alto valor proteico. Estos resultados son muy similares en

proteínas (12.50 g), pero es superior en carbohidratos (68.84 g) al reportado por (Collazos, 1993).

En el caso del concentrado foliar de alfalfa, este alcanzo 4,63 g de proteínas y 0.77 g de grasa, estos valores son inferior en proteínas (6.6 g) peor es superior en grasa (0.4 g) al compararlo por lo reportado por USDA (2000).

La harina de linaza alcanzo valores de 22,89 g de proteínas y 37.28 g de grasa, estos valores hacen que esta harina tenga un alto contenido de proteína y grasa, cuyos valores son significativamente superiores (19,5 g de proteína y grasa 34 g) al reportados por la USDA (2000).

Al compararlos el contenido de proteína de la harina de kiwicha y harina de linaza resulto superior a otros cereales como el arroz (6.4g), maíz (8,7 g), cebada (10.6 g) y otros; en el contenido de grasa resulto superior al trigo (2.2 g), arroz (2.4g), maíz (4.3 g), cebada (1.6 g), por lo que resultan alimentos ideales para personas que buscan un alimento ligero, pues se trata de alimentos de fácil de digestión. (Hernández, 2010).

En cuanto a los valores del coeficiente de variabilidad de los componentes de la harina de kiwicha, concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza, estos alcanzaron valores entre 0,15% a un 4,70% de variabilidad, encontrándose dentro del rango permisible (<15%) para trabajos de investigación, tal como la recomienda (Steel, 1995 y Córdova, 2003).

4.2. OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS.

Con el objeto de diseñar una formulación de galletas con características óptimas se utilizó el software STATGRAPHICS, las

variables respuestas fueron obtenidas después de los análisis respectivos a la que fueron sometidas cada variable con el siguiente diseño:

Clase de diseño : Superficie de Respuesta

Nombre del Diseño : Diseño de compuesto central: 2^2 +estrella

Características del diseño :Rotable

Diseño Base

Número de factores experimentales : 3

Número de bloques : 1

Número de respuestas : 3

Número de corridas : 16, incluyendo 2 puntos centrales por bloque

Grados de libertad para el error : 6

Aleatorizar : No

Después de realizada las 16 combinaciones del experimento, siguiendo el flujo de procesamiento presentado en la Figura 3.9 y según las variables presentadas en la tabla 3.2, se evaluó los resultados del textura ($\text{dm}^2/\text{kg.s}$), color y sabor, a partir de los cuales se obtuvo una respuesta optimizada.

Tabla 4.2: Matriz de estudio decodificada y sus variables respuesta

Tratamientos	FACTORES DE ESTUDIO			RESPUESTAS		
	Harina de kiwicha	Harina de Linaza	Conc. Foliar alfalfa	Textura	Color	Sabor
1	9,1	1,8	2,8	337.8	6.3	5.3
2	20,9	1,8	2,8	350.6	7.0	6.0
3	9,1	4,2	2,8	331.3	5.7	5.0
4	20,9	4,2	2,8	344.1	6.3	5.7
5	9,1	1,8	8,2	325.9	5.7	4.7
6	20,9	1,8	8,2	338.7	6.3	5.3
7	9,1	4,2	8,2	319.5	5.0	4.3
8	20,9	4,2	8,2	332.3	5.7	5.0
9	5,0	3,0	5,5	337.6	5.3	4.3
10	25,0	3,0	5,5	359.1	6.7	5.7
11	15,0	1,0	5,5	346.2	6.7	5.7
12	15,0	5,0	5,5	339.7	5.3	3.7
13	15,0	3,0	1,0	343.5	6.7	5.7
14	15,0	3,0	10,0	331.6	5.0	4.3
15	15,0	3,0	5,5	348.3	6.0	5.0
16	15,0	3,0	5,5	348.3	6.0	5.0

4.2.1. Optimización de la variable respuesta: textura en las galletas enriquecidas

Los resultados para la textura se muestran en la tabla 4.2 y en la Figura 4.1 se presenta como varía la textura en función a las variables X1: Harina de kiwicha y X2: Harina de Linaza; en ella se puede observar que a medida que se incrementa el % Harina de kiwicha la textura se incrementa, y para el caso de la harina de linaza al ir incrementando su porcentaje la textura se incrementa hasta llegar a un máximo porcentaje para luego disminuir la textura.

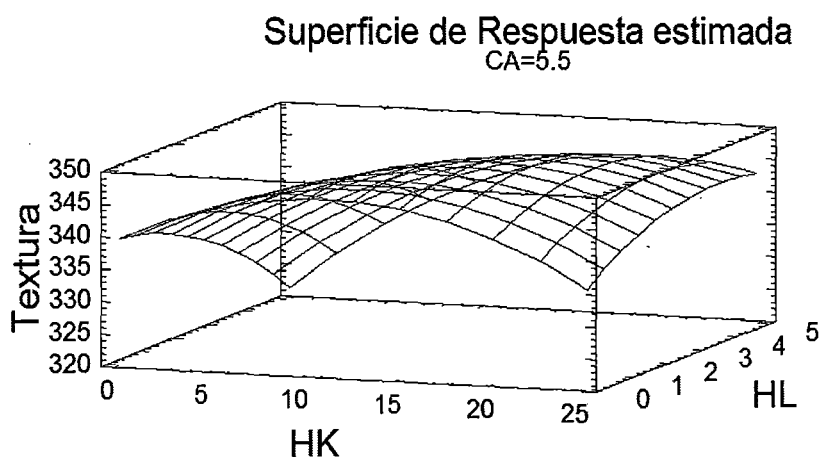


Figura 4.1. Diagrama del efecto de las variables independientes sobre la textura en las galletas enriquecidas.

En el gráfico de superficie nos permitió identificar y describir la tendencia del comportamiento de la textura de la galleta en función de la cantidad de harina de kiwicha y harina de linaza manteniendo en su valor central el concentrado foliar de alfalfa.

En el análisis de varianza (ANVA) de la tabla 4.3, se analizó la variabilidad de los resultados de la textura, con respecto a los factores independientes en

estudio (% de harina de kiwicha, % harina de linaza y % de concentrado foliar de alfalfa), observándose que la relación (AA) y la relación (AB) tienen valores p inferiores a 0.05, estos resultados nos indican que son significativamente diferentes de cero al 95% del nivel de confianza, por lo tanto influyen en maximizar la firmeza en las galletas enriquecidas y demuestran que la función polinómica es adecuada para describir los datos experimentales al 95 % de confianza.

Tabla 4.3: Análisis de la varianza para firmeza - Central compuesto rotatable 3 factores.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Factor HK	3.7730	1	3.7730	0.14	0.7250
B:Factor_HL	2.5679	1	2.5679	0.09	0.7713
C:Factor_CA	1.2748	1	1.2748	0.05	0.8374
AA	167.7520	1	167.7520	6.04	0.0492
AB	75.8380	1	75.8380	6.33	0.0455
AC	1.9483	1	1.9483	0.07	0.7999
BB	117.2380	1	117.2380	4.22	0.0856
BC	7.7934	1	7.7934	0.28	0.6152
CC	12.3272	1	12.3272	0.44	0.5299
Error Total	166.5550	6	27.7592		
Total	711.0820	15			

R-cuadrada = 97,63 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92,07 %

El estadístico R^2 indica que el modelo así ajustado explica el 97.63% de la variabilidad en textura en la galleta enriquecida. El estadístico R^2 (ajustado para los grados de libertad de la experiencia), el cual es más adecuado para la comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 92.07%. La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 27.76.

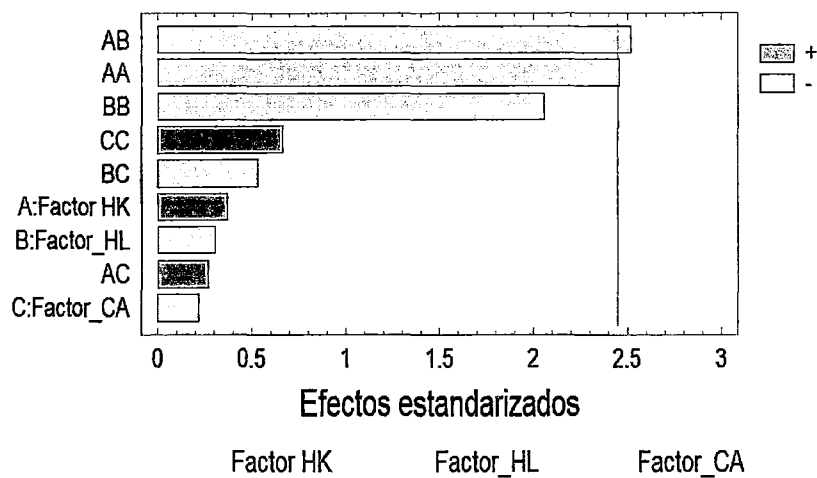


Figura 4.2: Efecto de los factores sobre la textura en galletas enriquecidas.

El gráfico de Pareto de la figura 4.2. nos permitió determinar la significancia negativa de la interacción AB, AA y BB por lo que se puede afirmar que influye negativamente en la textura incrementándola, sin embargo su efecto es positivo se encuentra en la harina de kiwicha, CC y AC variables que mejoran la aceptabilidad de la textura de la galleta enriquecida.

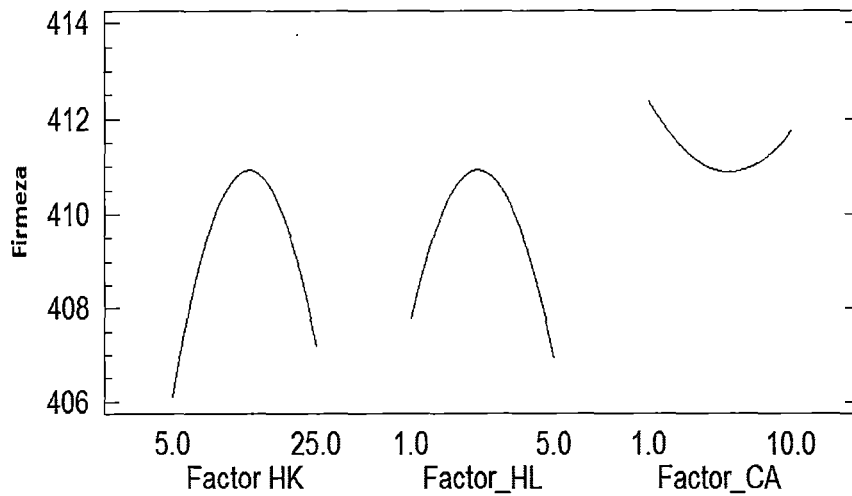


Figura 4.3: Efecto de los factores sobre la textura en galletas enriquecidas.

En las Figuras 4.3, se observa los efectos que ejercen los factores analizados sobre la textura en las galletas enriquecidas, determinándose que el factor X1(% de harina de kiwicha) afecta a medida que se incrementa el porcentaje en la formulación en forma muy acentuada en la textura hasta alcanzar un valor máximo (14%) a mayor porcentaje la textura tiende a disminuir; para el caso del factor X2 (% harina de linaza), su comportamiento es muy similar a la kiwicha, es decir influye en el incremento de la firmeza hasta cierto nivel y luego tiende a disminuir.

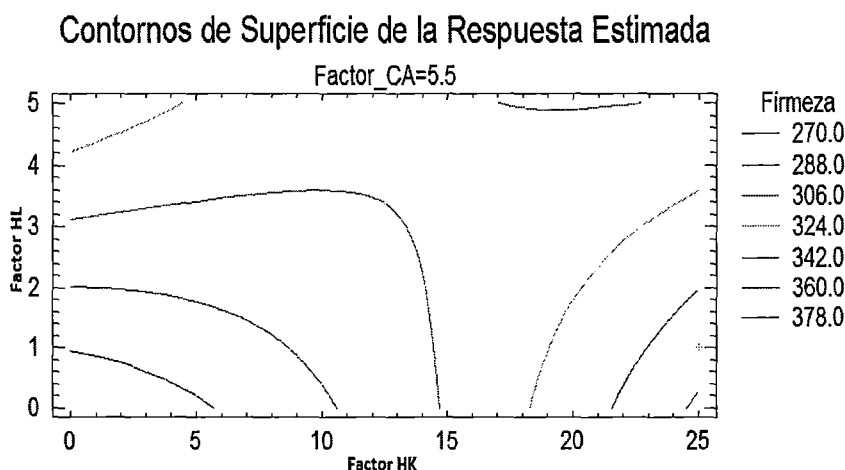


Figura 4.4: Gráfico de contornos para el análisis de textura influencia de harina de kiwicha y harina de linaza.

En el gráfico de contorno permite observar la tendencia del aumento de harina de kiwicha en la formulación origina un aumento en la textura de las galletas, hasta cierto porcentaje para luego influir en la disminución de la textura, así mismo el aumento de la harina de linaza se genera una menor textura de la galleta.

Estos resultados son muy similares a lo reportado por Mejía (2009), quien empleo concentrado proteico foliar de hojas de zanahoria como fuente de hierro para elaborar galletas, obteniendo un incremento de proteínas en las galletas de 7,39 a 11,33% y de hierro de 0,21 a 11,02 mg/100.

Sánchez (2009) concluye en su trabajo de investigación que al utilizar concentrado proteico de alfalfa en la elaboración de galletas que la dosis óptima es de 15% como sustituto encontrando un aumento de 83,9% de proteínas.

La función polinómica que ajusta los valores del comportamiento de la textura en función a los porcentajes de los componentes obtenidos, este diseño nos demuestra que el modelo polinómico ajustado es adecuado para describir los datos experimentales.

$$\text{Textura} = 383.836 + 1.972 * \text{Factor HK} + 9.239 * \text{Factor HL} - 0.530 * \text{Factor CA} - 0.043 * \text{Factor HK}^2 - 0.234 * \text{Factor HK} * \text{Factor HL} + 0.011 * \text{Factor HK} * \text{Factor CA} - 0.889 * \text{Factor HL}^2 - 0.109 * \text{Factor HL} * \text{Factor CA} + 0.057 * \text{Factor CA}^2$$

Esta ecuación determina con exactitud la combinación de variables para poder alcanzar una respuesta optimizada, a partir de ella se alcanzó una respuesta optimizada de la textura que se muestra en la tabla 4.4

Tabla 4.4: Valores óptimos de la variable respuesta textura en galletas enriquecidas.

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
X1 (% de harina de kiwicha)	5,0	25,0	10,00
X2 (% de harina de linaza)	1,0	5,0	2,00
X3 (% de conc. foliar alfalfa)	1,0	10,0	3.18

De acuerdo a los resultados obtenidos en la galleta enriquecida debe contar con 10.00% de harina de kiwicha, 2.00% de harina de linaza y 3.18% de concentrado foliar de alfalfa, para obtener el valor óptimo de textura de 350 (dm²/kg.s),

4.2.2. Optimización de la variable respuesta: color en las galletas enriquecidas

La figura 4.5 presenta el diagrama de superficie de respuesta en función de las variables % de harina de kiwicha (X1), % de harina de linaza (X2) y % de concentrado foliar de alfalfa (X3), observándose que es posible alcanzar valores de hasta 7 en la escala de color con 2,8 % de concentrado foliar, 1,8 % de harina de linaza y 20,9% de harina de kiwicha en galletas enriquecidas.

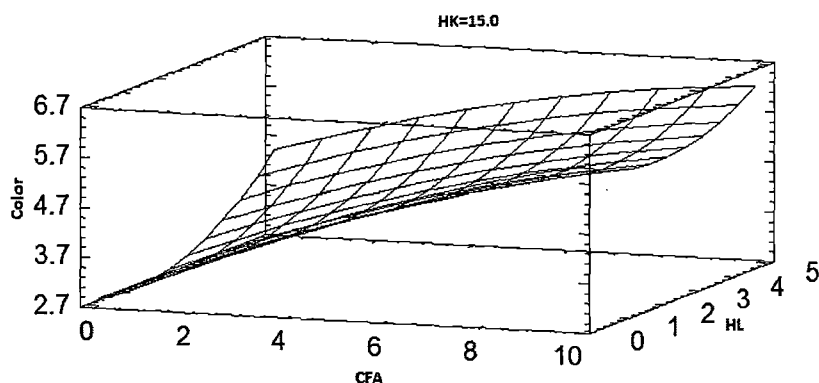


Figura 4.5: Gráfico de superficie para el análisis de color por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza.

En el gráfico de superficie permite identificar y describir la tendencia de la aceptabilidad del color de la galleta en función de la cantidad de concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza manteniendo en su valor central de harina de kiwicha.

En la tabla 4.5 se presenta los resultados del diseño experimental en el análisis de la variable respuesta del nivel de color.

Tabla 4.5. Análisis de la varianza para color - Central compuesto rotatable
3 factores.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Factor CFA	4.8003	1	4.8003	30.07	0.0015
B:Factor HL	1.4499	1	1.4499	9.08	0.0236
C:Factor HK	0.2379	1	0.2379	1.49	0.2680
AA	0.0760	1	0.0760	0.48	0.5161
AB	0.0613	1	0.0613	0.38	0.5584
AC	0.2113	1	0.2113	1.32	0.2938
BB	0.1824	1	0.1824	1.14	0.3263
BC	0.0013	1	0.0013	0.01	0.9324
CC	0.06573	1	0.0657	0.41	0.5448
Error Total	0.95797	6	0.1597		
Total	8.2100	15			

R-cuadrada = 98,33%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 90,83%

En la tabla 4.5 se muestra el ANVA para la variable respuesta "Color" compara la significación estadística de cada efecto comparando el cuadrado medio con una estimación del error experimental. El valor p del efecto del

concentrado foliar de alfalfa es 0.0015 y de harina de linaza es de 0.0236, lo cual implica que la variable CFA y HL es significativo.

En el caso de las seis interacciones de la mezcla, tienen los p-valores superiores a 0,05 lo cual nos indica que los términos del modelo son no significativos y demuestran que la función polinómica es adecuada para describir los datos experimentales al 95 % de confianza.

El estadístico r^2 indica que el modelo así ajustado explica el 98.33% de la variabilidad en Color. El estadístico r^2 (ajustado para los grados de libertad de la experiencia), el cual es más adecuado para la comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 90,83%. La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 0.1597.

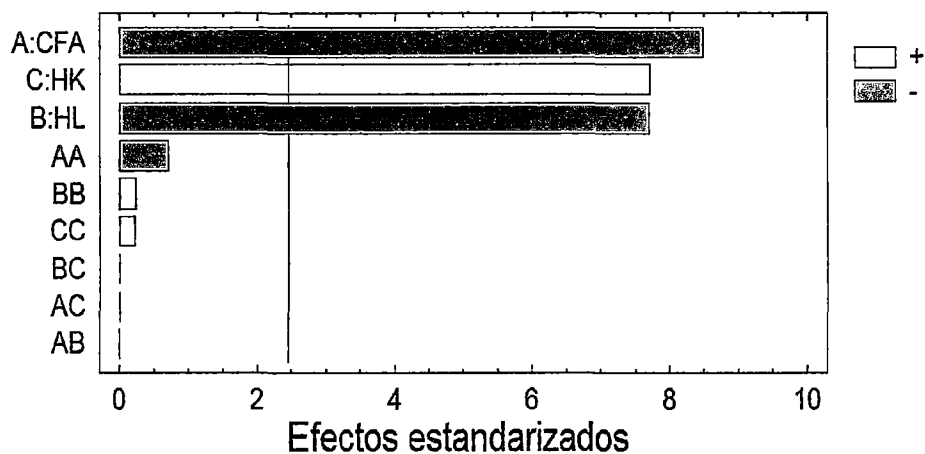


Figura 4.6: Diagrama de Pareto estandarizado para color

El grafico de Pareto de la figura 4.6, nos permitió determinar la significancia negativa del concentrado foliar de alfalfa, que permite decir que influye negativamente en el color disminuyendo su aceptabilidad; de igual modo la harina de linaza, influye positivamente

en el color pero aumentando su aceptabilidad en menor proporción. Sin embargo la harina de kiwicha tiene un efecto positivo en el color.

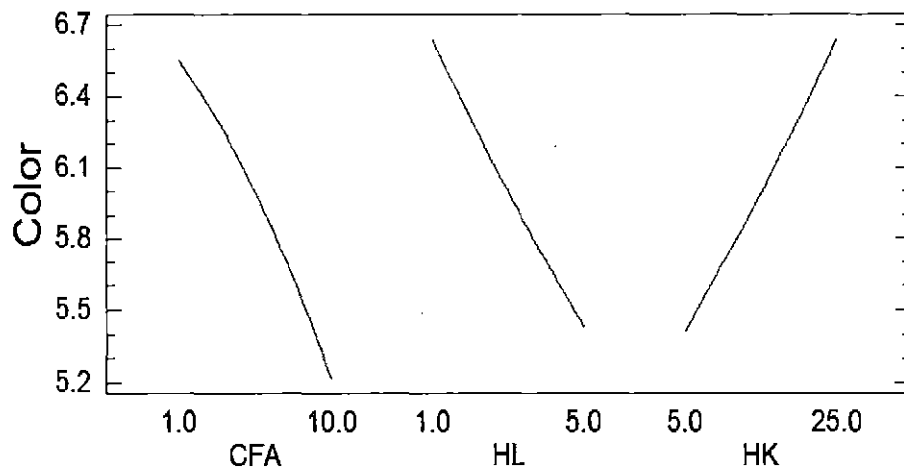


Figura 4.7: Efecto de los factores sobre el color en galletas enriquecidas.

En la figura 4.7, se observa los efectos que ejercen los factores analizados sobre el color en las galletas enriquecidas elaborada, determinándose que el factor X1(% de concentrado foliar de alfalfa) afecta en mayor medida, como consecuencia del incremento del porcentaje en la formulación en forma muy acentuada en el color hasta alcanzar un valor máximo (10%) a mayor porcentaje la aceptabilidad en color tiende a disminuir; para el caso del factor X2 (% harina de linaza), su comportamiento es muy similar al concentrado foliar de alfalfa, pero en menor grado, en el caso de la harina de kiwicha influye de manera positiva en el color.

Este resultado es muy similar al obtenido por Mejía (2009), en el enriquecimiento de galletas con concentrado proteico foliar de zanahoria

(CPFZ) el nivel más adecuado de enriquecimiento sería el de 5% ya que estas galletas presentan mayor aceptabilidad y mayores calificaciones de sabor y color que las galletas enriquecidas al 10y 15%. A la vez incrementa notablemente el contenido de proteína, hierro y magnesio, por lo que puede ser utilizada como alimento complementario energético proteico para el desayuno escolar.

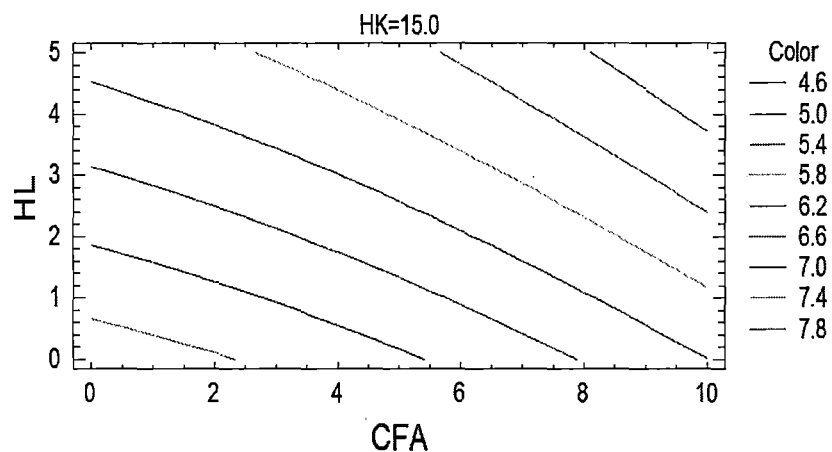


Figura 4.8: Gráfico de contornos para el análisis de Color por influencia del concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza.

En la figura 4.8 de contorno permite observar la tendencia del aumento del concentrado foliar de alfalfa en la formulación origina una disminución en la aceptación del color de las galletas así mismo un incremento de la harina de kiwicha mejora la aceptabilidad del color de la galleta.

La función polinómica que ajusta los valores del comportamiento del color en función a los porcentajes de los componentes obtenidos, este diseño nos

demuestran que el modelo polinómico ajustado es adecuado para describir los datos experimentales.

$$\text{Color} = 6.7925 - 0.0867 \cdot \text{CFA} - 0.3579 \cdot \text{HL} + 0.0507 \cdot \text{HK} - 0.0056 \cdot \text{CFA}^2 - 0.0000 \cdot \text{CFA} \cdot \text{HL} + 0.0000 \cdot \text{CFA} \cdot \text{HK} + 0.0091 \cdot \text{HL}^2 + 0.0000 \cdot \text{HL} \cdot \text{HK} + 0.0004 \cdot \text{HK}^2$$

Esta ecuación determina con exactitud la combinación de variables para poder alcanzar una respuesta optimizada, a partir de ella se alcanzó una respuesta optimizada de la textura que se muestra en la tabla 4.6

Tabla 4.6: Valores óptimos de la variable respuesta color en galletas enriquecidas.

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
X1 (% de harina de kiwicha)	5,0	25,0	18,00
X2 (% de harina de linaza)	1,0	5,0	1,80
X3 (% de conc. foliar alfalfa)	1,0	10,0	2,80

De acuerdo a los resultados obtenidos en la galleta enriquecida debe contar con 18.00% de harina de kiwicha, 1.80% de harina de linaza y 2.80% de concentrado foliar de alfalfa, para obtener el valor óptimo de color 7.

4.2.3. Optimización de la variable respuesta: sabor en las galletas enriquecidas

Los valores obtenidos de sabor en las galletas enriquecidas, según tratamiento, ajustados a la superficie de respuesta de segundo grado inherente al DCCR, se muestra en el anexo 3.

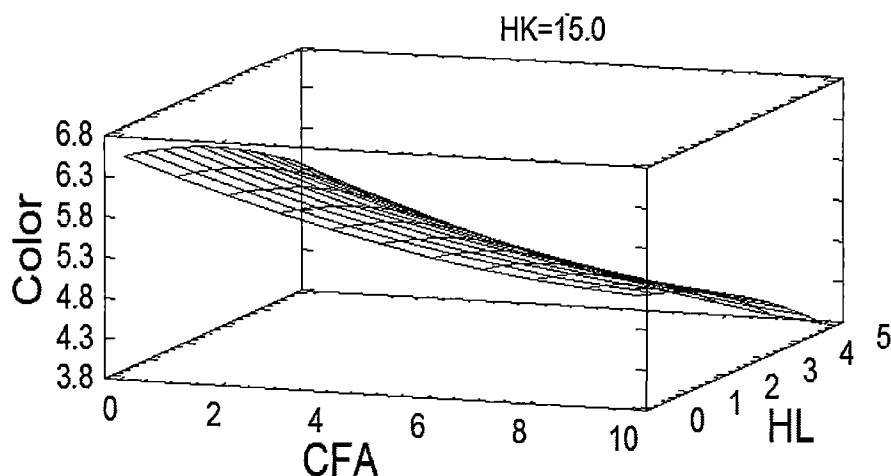


Figura 4.9: Gráfico de superficie de la influencia de concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza en el sabor.

En el gráfico de superficie permite identificar y describir la tendencia de la aceptabilidad del sabor de la galleta en función de la cantidad de concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza manteniendo en su valor central la harina de kiwicha.

En la tabla 4.7 se presenta los resultados del diseño experimental en el análisis de la variable respuesta del nivel de sabor.

Tabla 4.7. ANVA - ajuste del modelo para la variable sabor

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Factor CFA	1.8689	1	1.8689	12.45	0.0124
B:Factor_HL	1.5837	1	1.5837	10.55	0.0175
C:Factor_HK	1.8722	1	1.8722	12.47	0.0123
AA	0.0389	1	0.0389	0.26	0.6290
AB	0.0013	1	0.0013	0.01	0.9303
AC	0.0013	1	0.0013	0.01	0.9303
BB	0.0162	1	0.0162	0.11	0.7539
BC	0.0013	1	0.0013	0.01	0.9303
CC	0.0364	1	0.0364	0.24	0.6399
Error Total	0.9006	6	0.1501		
Total	6.3594	15			

R-cuadrada = 96,16 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94,41 %

En la tabla 4.7 se presenta el ANVA para la variable respuesta "Color" la que compara la significación estadística de cada efecto comparando el cuadrado medio con una estimación del error experimental. El valor p del efecto del concentrado foliar de alfalfa es 0.0124, la harina de linaza es 0.0175 y la harina de kiwicha es 0.0123 lo cual implica que estas tres variables en estudio tienen un efecto significativo en el sabor.

En el caso de las seis interacciones de la mezcla, tienen los p-valores superiores a 0.05 lo cual nos indica que los términos del modelo son no significativos y demuestran que la función polinómica es adecuada para describir los datos experimentales al 95.0 % de confianza.

El estadístico r^2 indica que el modelo así ajustado explica el 96.16% de la variabilidad en el sabor. El estadístico r^2 (ajustado para los grados de libertad de la experiencia), el cual es más adecuado para la comparación de modelos con diferente número de variables independientes, es 94.41%. La suma de cuadrados del error de predicción (PRESS) es de 0.1501.



Figura 4.10: Diagrama de Pareto estandarizado para Sabor

El gráfico de Pareto nos permitió determinar la significancia positiva en el sabor de la harina de kiwicha, lo que nos indica que la harina de kiwicha mejora el sabor de la galleta; sin embargo el concentrado foliar de alfalfa influye negativamente en el sabor disminuyendo su aceptabilidad y la harina de linaza influye negativamente en el sabor disminuyendo su aceptabilidad pero es menos significativo que el concentrado foliar de alfalfa.

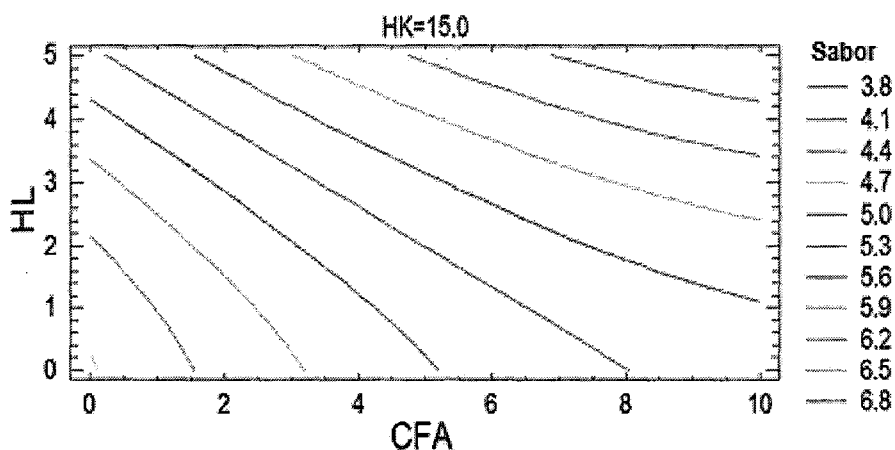


Figura 4.11: Gráfico de contorno de la influencia de concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza en el sabor.

En el gráfico de contorno permite observar que a valores intermedios de concentrado foliar de alfalfa y harina de linaza en la formulación origina una disminución en la aceptación del sabor de las galletas, mientras el aumento del porcentaje de harina de kiwicha influye significativamente en el aumento de la aceptabilidad del sabor de la galleta.

La función polinómica que ajusta los valores del comportamiento del sabor en función a los porcentajes de los componentes obtenidos, este diseño nos demuestran que el modelo polinómico ajustado es adecuado para describir los datos experimentales.

$$\text{Sabor} = 6.0013 - 0.2132 \cdot \text{CFA} - 0.1136 \cdot \text{HL} + 0.0084 \cdot \text{HK} + 0.0090 \cdot \text{CFA}^2 - 0.0039 \cdot \text{CFA} \cdot \text{HL} - 0.0008 \cdot \text{CFA} \cdot \text{HK} - 0.0294 \cdot \text{HL}^2 + 0.0018 \cdot \text{HL} \cdot \text{HK} + 0.0018 \cdot \text{HK}^2$$

Esta ecuación determina con exactitud la combinación de variables para poder alcanzar una respuesta optimizada, a partir de ella se alcanzó una respuesta optimizada del % de retención de agua que se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Valores óptimos para la maximización del sabor en galletas enriquecidas.

Factor	Inferior	Mayor	Óptimo
X1 (% de harina de kiwicha)	5,0	25,0	18,00
X2 (% de harina de linaza)	1,0	5,0	1,80
X3 (% de conc. foliar alfalfa)	1,0	10,0	3,00

De acuerdo a los resultados obtenidos la galleta enriquecida a partir de concentrado foliar de alfalfa, harina de linaza y harina de kiwicha debe contar con 18% de harina de kiwicha, 1.80% de harina de linaza y 3.00% de concentrado foliar de alfalfa, para obtener el valor óptimo de sabor, alcanzando esta un 6.00

Según Mejía (2009) el enriquecimiento con concentrados foliares en la elaboración de galletas, incrementa notablemente el contenido de proteínas, hierro y magnesio, por lo que este producto puede ser usado como complemento proteico en el desayuno escolar.

Sánchez (2009) precisa que se debe utilizar concentrado foliar de alfalfa en el enriquecimiento proteico de productos como galletas o fritos en productos deficientes de proteína.

4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GALLETA ENRIQUECIDA

4.3.1. Evaluación sensorial de la Aceptabilidad

En cuanto al atributo "Aceptabilidad", se evaluaron a los tratamientos óptimos de textura, color y sabor, los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se muestra en el anexo 5, el análisis de varianza y la prueba F, se observan en la tabla 4.9, en ella se puede apreciar que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los panelistas. Por lo que se puede decir que existe una diferencia altamente significativa estadísticamente entre tratamientos.

Tabla 4.9: ANVA para la evaluación de la Aceptabilidad en galletas enriquecidas.

F.V	G.L	SC	CM	Fc	Sig.
Panelistas	17	15.403	0.906	1.45	ns
Productos	3	6.486	2.162	3.47	**
Error Experimental	51	31.764	0.623		
Total	71	53.653			

C.V. 15.61%

De acuerdo a los resultados obtenidos, se realizó una comparación de medias para determinar cuál es el mejor tratamiento, para ello se sometió a

la prueba de comparación Tuckey $\alpha= 0.05$, recomendado por (Ibañez, 2003); los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.10, donde se determinó que el tratamiento T₄ es el mejor estadísticamente alcanzando los mayores promedios de aceptabilidad en la escala hedónica de 5.94; sin embargo los tratamientos T₂, T₁ y T₃ son estadísticamente iguales en este atributo, estableciéndose que el T₄ es el mejor tratamiento en cuanto al atributo aceptabilidad.

Tabla 4.10. Prueba de Tuckey para el atributo Aceptabilidad

Ord.	Tratamiento	Promedio	Significación
1	T4	5.94	a
2	T2	5.78	a b
3	T1	5.33	a b c
4	T3	5.22	a b c d

De acuerdo a la evaluación sensorial de la aceptabilidad de las galletas enriquecidas, se puede concluir que el tratamiento T₄ (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 3.0% de concentrado foliar de alfalfa), resulto ser el mejor.

4.4 EVALUACIÓN QUÍMICO PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICA DE LA GALLETA ENRIQUECIDA.

4.4.1 Composición química proximal de las galletas enriquecidas.

Los tratamientos óptimos de galleta enriquecidas a partir de harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa, fueron analizados y los resultados de su composición química proximal después de 02 días de almacenados se muestra en el la tabla 4.11.

Tabla 4.11: Composición química proximal de la galleta enriquecida por 100 g de producto.

Análisis Físico-Químico	T ₁	T ₄	T ₂	T ₃
	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Humedad (%)	2.92	2.89	2.90	2.94
Proteína (%)	7.39	15.45	15.38	12.45
Grasa (%)	21.92	26.50	26.78	24.55
Carbohidratos (%)	65.91	53.25	52.95	57.45
Ceniza (%)	1.47	1.57	1.54	1.87

Fuente: Resultados de la investigación.

El mayor componente que alcanzó la galleta enriquecida a partir de harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa fue las proteínas; el enriquecimiento en las galletas mejoro el contenido de proteínas de un 7.39% a una 14.45% (incrementándose en un 41%) en el tratamiento T4 (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 3.0% de concentrado foliar de alfalfa) en relación al testigo.

Este resultado se sustenta en que la linaza es rica en proteína, grasa y fibra dietética, ésta contribuyen a una dieta saludable; además la proteína de la linaza, está constituida por globulinas y albúminas, éstas se distinguen por la solubilidad de una y otra. La globulina es menos soluble y posee mayor peso molecular a diferencia de la albúmina que posee menor peso molecular y es más soluble (Guerrero, 1999).

En cuanto al contenido graso se alcanzó valores de 26.78 g en el tratamiento T3 (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 2.8% de concentrado foliar de alfalfa); sin embargo el contenido de grasa mejoro en todos los tratamientos en relación al testigo.

En cuanto al contenido de grasa este resulto superior en comparación con una galleta comercial, este resultado es alentador, toda vez que históricamente, la linaza ha sido estimada por su contenido de grasa, conformada por triacilglicéridos, los cuales son ésteres de glicerol y tres ácidos grasos, comúnmente de uno a más enlaces dobles, es naturalmente baja en grasa saturada y proporciona una cantidad de grasa monosaturada, y un 73% de ácidos grasos poliinsaturados, esta es particularmente rico en ácido α -linolenico un ácido graso del omega-3 (Fernández, et al, 1999).

4.4.2 Análisis microbiológico de las galletas enriquecidas

Al observar la tabla 4.12, se puede precisar que las muestras analizadas cumplen con las características microbiológicas deseadas, no muestran contaminación alguna a pesar de haber transcurrido un período razonable de almacenamiento, durante el cual han mantenido su calidad higiénica y

nutricional. Además cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos por el Codex Alimentarius y las normas establecidas por DIGESA.

Tabla 4.12: Análisis microbiológico de las galletas enriquecidas.

Prueba	Tratamientos				Especificaciones *
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
Numeración de aerobios mesófilos UFC/g	1x10	1x10	1x10	1x10 ²	<10 ³
Numeración de Hongos UFC/g	1x10	1x10	1x10 ²	1x10 ²	<10 ³
Numeración de coliformes NMP/g	<3	<3	<3	<3	<3

Fuente: Resultados de la investigación.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, a los resultados y discusión de la investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

- 5.1. La materia prima que se utilizó en la investigación fue la harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar de alfalfa, procedente de la Provincias de Huamanga. Se determinó sus características físicas químicas, resultando para el caso de la proteína un contenido de 12,30% para la harina de kiwicha, 4,63% para el concentrado foliar de alfalfa y 22,89% para la harina de linaza.
- 5.2. Se logró determinar que la óptima combinación de las variables en estudio fue el tratamiento (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 3.0% de concentrado foliar de alfalfa), con el cual se alcanzó el mayor contenido de textura 350,6 dm²/kg.s, la mayor aceptabilidad en color (7: Me gusta bastante) y el mejor sabor (6: Me gusta ligeramente).
- 5.3. Se determinó el mejor tratamiento que reunió las características y cualidades sensoriales de mayor aceptabilidad, a través de la evaluación sensorial, estableciéndose que el tratamiento T₄ (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 3.0% de concentrado foliar de alfalfa) es el que resulto con mayores valores promedios en los atributos de aceptabilidad (5.94). En las pruebas de ordenamiento para aceptabilidad el tratamiento T₄ alcanzo el mayor promedio siendo estadísticamente similar a los tratamientos T₂ (18% de harina de kiwicha, 1.8% de harina de linaza y 2.8% de concentrado foliar de

alfalfa), T₁ (Testigo) y T₃(10% de harina de kiwicha, 2.0% de harina de linaza y 3.18% de concentrado foliar de alfalfa).

5.4. Se evaluó y determino el análisis fisicoquímico de la galleta enriquecida al concluir el procesamiento, observándose que el mayor componente que alcanzó la galleta experimental a partir de harina de kiwicha, harina de linaza y concentrado foliar fue la proteína, con un contenido en el T₄ de 15,45 g, seguido por el T₂ con un 15.38 g siendo superior en proteínas en comparación a la galleta comercial con un 7.39 g. En cuanto al contenido de grasa la harina de linaza es la que más proporciona mejorando sus niveles de ácidos grasos poliinsaturados, por lo que su contenido en el T₄ es 26,50 g , en el T₂ es 26,78 g, T₃ es 24,55 g, resultando superiores al T₁ (galleta comercial – testigo). Por lo que resulta adecuado para el consumo de las personas que desean mejorar sus niveles nutricionales en proteínas, grasas y hierro.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones de la investigación se plantea las siguientes recomendaciones:

- 6.1. Realizar un estudio técnico y económico para la industrialización de la linaza, alfalfa y kiwicha en la industria galletera, por ser un alimento funcional y constituir una alternativa para dar valor agregado a este recurso, como fuente importante de proteínas y ácidos grasos, por ser necesario en nuestra dieta diaria.
- 6.2. Determinar el contenido de actividad de agua (aw), ya que esta medición puede ser índice de la actividad de microorganismos.
- 6.3. Realizar estudios referentes al perfil de ácidos grasos para cuantificar el aporte de ácido α - linolenico en las galletas enriquecidas principalmente de harina de linaza.
- 6.4. Se recomienda en próximas investigaciones relacionadas con galletas ricas en linaza, evaluar el efecto fisiológico que pueden ejercer a nivel del colesterol, triacilglicéridos, índice glicémico y otros parámetros sanguíneos de importancia en la salud humana.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 7.1 AOAC. (1984). Métodos oficiales del análisis. Asociación de químicos analíticos oficiales. Arlington, Virginia.
- 7.2 Anzaldúa (1994). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 360 págs.
- 7.3 Best, D. 2004. Low-Carb revolution fuels innovation with flaxseed. Functional ingredient. (28 ago.2009).
- 7.4 Collazos, Carlos. (1996). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Séptima Edición. Ministerio de Salud. Perú.
- 7.5 Daun, J., Barthet, V., Chornick, T. y Duguid, S. 2003. Structure, Composition, and Variety Development of Flaxseed. Manitoba, Canadá.
- 7.6 Del Pozo I. M. 1983. La alfalfa y su aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. 370pp.
- 7.7 Fawusi, M.O., D.P. Ormord y A.M. Astham. 1983. Effects of levels of photosynthetically active radiation on growth *Amaranthus hybridus* and *Celosia argentea*. Journal of Horticulture Science 58 {4): 555-559.
- 7.8 Figuerola F., Muñoz O. y col. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. AGRO SUR 36 (n2) 49-58.
- 7.9 Flores J. (2008). Análisis Estadístico con SPSS 16, y sus Aplicaciones. Edit. Grupo Universitario. Lima .Perú. 450 págs.
- 7.10 Hall, C., Tulbek, M.C.; Xu, Y. 2006. Flaxseed. Ad. Food Nutr. Res. 51: 2-99.

- 7.11 Ibarra, A. A. 1982. Guía para cultivar alfalfa en el Valle de México. INIA-CIANO. México. 16pp.
- 7.12 INDECOPI. 1992. Galletas - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001. Perú.
- 7.13 Ibáñez V.,(2005). Diseño Central Compuesto (DCC) con statistica y statgraphics. UNA. Puno.54 págs.
- 7.14 INN (2000). Manual de Nutrición en el Perú. Instituto Nacional de Nutrición. Lima Perú. 250 págs.
- 7.15 Lehman, J. W. 1990. Pigments of grain and feral amaranths. Legacy 3(1):3,4
- 7.16 Maldonado, R, Pacheco, E;. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Archivos latinoamericanos de nutrición. 50(4):387-393.
- 7.17 Martínez, A. 1992. Estructura varietal de la alfalfa y mejora genética de su producción forrajera. II Xornadas pratenses. Lugo.
- 7.18 Mazzani, B. 1963. Plantas Oleaginosas. Salvat. 305 p.
- 7.19 Mejía, C. 2009. elaboración de galletas enriquecidas con concentrado proteico foliar de zanahoria (*Daucus carota*). Tesis para optar el grado de Maestro. Huacho. Perú.
- 7.20 Morris, D. 2005. Linaza - Un alimento Saludable. Flax council of Canadá.
- 7.21 Morris, D. 2007. Linaza – Una recopilación Sobre sus Efectos en la Salud y la Nutrición. Descripción y composición de la linaza. Flax council of Canadá.

- 7.22 Moroto J. V. 1990. Elementos de Horticultura General, Madrid, España.
N.A.P. Modernos recursos sobre el amaranto. National Academy of Sciences Press. Washington-USA. P. 1984
- 7.23 Nieto, C. 2002. El cultivo de Amaranto (*Amaranthus* spp) una alternativa agronómica APRA para el Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Miscelánea N° 52.
- 7.24 Penna, E; Avendaño, P; Soto, D; Bungler, A. 2003. Caracterización química y sensorial de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética y micronutrientes para el anciano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 53 (1): 74:82.
- 7.25 Peralta. E. 2007. Los cultivos andinos en Ecuador. Bancos de Germoplasma, fitomejoramiento y usos- Pasado, presente y futuro- In. Memorias del XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos- INIAP. PUCE. Quito, Ecuador, pp. 15.
- 7.26 Oomah, B. D. 2003. Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignan. In: Thompson, L.U.; Cunnane, S.C.(eds.). Flaxseed in Human Nutrition. 2nd edn., Champaign, Illinois. AOCS Press.pp.363-386.
- 7.27 Trinidad. A; Gómez. F; Suárez. G . 1986.El amaranto su cultivo y Aprovechamiento, México.
- 7.28 Salinas, C. S. 1988. La alfalfa reina forrajera. Síntesis lechera. 3 (9): 34-40.
- 7.29 Sánchez, P. 2009. Evaluación de la composición química en productos enriquecidos con concentrado foliar de alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis para optar título de Ingeniero en tecnología de alimentos. Buenavista. México.

- 7.30 Steel, R. G. (1995). Bioestadística principios y procedimientos. 2da. ed. Ed. McGraw Hill. México.
- 7.31 Ureña M. y Arrigo M. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Agraria. Lima. 112 págs.
- 7.32 USDA (2000). Guide to measuring household food security. Park Center Drive. Alexandria. EE. UU.
- 7.33 Vásquez. E, Torres. S. 1.990. Fisiología Vegetal, Editorial Pueblo, edición, Habana- Cuba.
- 7.34 Wanasundara, P. D.; Shahidi, F. 2003. Flaxseed Proteins: Potential Food Applications and Process-Induced Changes. In: Thompson, L.U.; Cunnane, S.C. (eds.). Flaxseed in Human Nutrition. 2nd edn. Champaign, Illinois. AOCS Press. pp. 387-403
- 7.35 Zaragoza, R. J. L. y Pérez, P. J. 2001. Cosechando alfalfa de alta calidad. Seminario de producción de alfalfa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- 7.36 Villarroel, M; Acevedo, C; Yanez, E; Biolley, E. 2000. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Archivos latinoamericanos de nutrición. 53 (4): 400 – 406.

ANEXOS

ANEXO 01

ANALISIS FISICOQUÍMICOS

1. Determinación de humedad:

- Pesar en un vaso de 50 mL y agregarle 5 g de muestra.
- Colocarlos en una estufa a 100-105°C por 6 horas.
- Por la referencia de peso se obtiene la humedad de la muestra y luego se lleva a porcentaje.
- La determinación de materia seca se hace por diferencia de peso entre el peso inicial de muestra (100%) y el porcentaje de humedad hallada, obteniendo de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso total} + \text{Peso final}}{\text{Peso muestra}}$$

Donde:

Peso total (peso del vaso + peso de la muestra)

Peso final (después que sale de la estufa).

2. Determinación de extracto etéreo:

Para la determinación de extracto etéreo por este método se deben usar muestras deshidratadas por cualquier método indicado en la AOAC, pero en lo posible la muestra debe ser secada a peso constante a 95-100°C en una estufa la vacío a una presión de 25 lb/pulg² por un período de cinco horas y enfriadas posteriormente en una campana que contenga una sustancia deshidratante.

- Poner en una estufa a 110 ° C el número de balones que va a usar.
- Luego de una hora, sacar los balones de la estufa y enfriar en una campana que contenga una sustancia deshidratante.
- Pesar los balones fríos.
- Pesar de 3-5g de muestra secada como se indica más arriba, empaquetarla en un
- pedazo de papel filtro whatman 2.
- Colocar el paquete en el cuerpo del aparato soxhlet y luego agregar hexano destilado hasta que una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón.
- Seguidamente conectar la fuente de calor (cocina eléctrica).
- El solvente (p-hexano o éter) al calentarse se evapora (69 - 34.6 °C) y haciendo a la parte superior del cuerpo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifón, arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo es cerrado, y la velocidad de goteo del hexano debe ser de 45-60 gotas por minuto.
- El proceso dura 3 horas. El matraz debe secarse del aparato cuando contiene poco hexano o éter (momentos antes de que este sea sifoneado del cuerpo).
- Evaporar el hexano en el balón en una estufa y enfriada en una campana que contenga sustancias deshidratantes.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso balón con EE} - \text{Peso balón vacío}}{\text{Gramos de muestra}} * 100$$

Gramos de muestra

3. Determinación de proteínas:

- Pesar 0.2-0.3 g de muestra, luego 1 g de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción.
- Limpiar con un poco de agua el cuello del balón de digestión, agregar 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado y colocar el balón en la cocina de digestión.
- La digestión termina cuando el contenido de los balones completamente cristalino (si es necesario añadir gotas de peróxido) esto es cuando la digestión es lenta y difícil.
- Colocar la muestra digerida en el aparato de destilación, agregar cinco mililitros de hidróxido de sodio concentrado e inmediatamente conectar el vapor para que se produzca la destilación.
- Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un erlenmeyer de 125 mL conteniendo 5 mL de la mezcla de ácido bórico más indicadores de pH.
- La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y hay viraje con ácido clorhídrico valorado (aprox. 0.05 N).

La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{\text{mL HCl} * \text{Normalidad} * \text{meq del N} *}{100 \text{ Gramos de muestra}}$$

Para obtener la cantidad de proteína bruta, se multiplica por el factor 6.25

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ Nitrógeno} * 6.25$$

5. Determinación de ceniza:

- Coloque el crisol limpio en un horno de incineración a 600 °C durante una hora. Luego traslade el crisol del horno desecador y enfríelo a la temperatura del laboratorio. Páselos tan pronto para prevenir la absorción de humedad.
- Pese por diferencia 1.5 - 2.0 g de muestra en el crisol de porcelana. Colóquelo en un horno incinerador y manténgalo a temperatura de 600 °C durante 3 a 5 h.
- Luego se seca en la mufla y se traslada el crisol a un desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Cuando este frío, pese el crisol tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad y registre el peso.
- Guarde la muestra de ceniza para el caso que se deseen realizar determinaciones de minerales posteriormente.

$$\% \text{ ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza} * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Peso de la muestra

ANEXO 02

DETERMINACION DE LA TEXTURA

Procedimiento:

- Calibrar el indicador de textura a cero.
- Colocar la muestra
- Desplazar la aguja de punción hasta 1 cm. del producto a determinar su textura.
- Pulsar el botón de punción de la aguja.
- Anotar el valor de textura en $\text{dm}^2/\text{kg.s}$.

ANEXO 03

RESULTADOS DE LAS VARIABLES RESPUESTAS

Tratamientos	FACTORES DE ESTUDIO			RESPUESTAS		
	Harina de kiwicha	Harina de Linaza	Conc. Foliar alfalfa	Textura	Color	Sabor
1	9.1	1.8	2.8	337.8	6.3	5.3
2	20.9	1.8	2.8	350.6	7.0	6.0
3	9.1	4.2	2.8	331.3	5.7	5.0
4	20.9	4.2	2.8	344.1	6.3	5.7
5	9.1	1.8	8.2	325.9	5.7	4.7
6	20.9	1.8	8.2	338.7	6.3	5.3
7	9.1	4.2	8.2	319.5	5.0	4.3
8	20.9	4.2	8.2	332.3	5.7	5.0
9	5.0	3.0	5.5	337.6	5.3	4.3
10	25.0	3.0	5.5	359.1	6.7	5.7
11	15.0	1.0	5.5	346.2	6.7	5.7
12	15.0	5.0	5.5	339.7	5.3	3.7
13	15.0	3.0	1.0	343.5	6.7	5.7
14	15.0	3.0	10.0	331.6	5.0	4.3
15	15.0	3.0	5.5	348.3	6.0	5.0
16	15.0	3.0	5.5	348.3	6.0	5.0

ANEXO 04

FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL DE LAS GALLETAS

NOMBRE:

FECHA :

INSTRUCCIONES:

Por favor, pruebe las muestras en el orden indicado de izquierda a derecha y ubique en la escala con una X.

Descripción	Muestras			
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta bastante				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta bastante				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

OBSERVACIONES:

.....
.....
.....

ANEXO 05

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DE LA ACEPTABILIDAD

N°	T4	T1	T3	T2	Σ
1	6.00	4.00	4.00	5.00	19.00
2	7.00	5.00	5.00	5.00	22.00
3	6.00	5.00	7.00	6.00	24.00
4	7.00	6.00	4.00	7.00	24.00
5	6.00	5.00	5.00	5.00	21.00
6	7.00	6.00	4.00	6.00	23.00
7	7.00	5.00	5.00	6.00	23.00
8	5.00	5.00	6.00	5.00	21.00
9	6.00	6.00	7.00	7.00	26.00
10	5.00	6.00	5.00	6.00	22.00
11	6.00	5.00	5.00	6.00	22.00
12	5.00	6.00	6.00	7.00	24.00
13	6.00	5.00	5.00	6.00	22.00
14	6.00	6.00	7.00	6.00	25.00
15	6.00	6.00	5.00	5.00	22.00
16	5.00	4.00	5.00	6.00	20.00
17	5.00	5.00	7.00	5.00	22.00
18	6.00	4.00	4.00	5.00	19.00
	5.94	5.22	5.33	5.78	401.00