

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE  
GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) COMO  
FUENTE DE FIBRA DIETÉTICA Y ÁCIDO ALFA-LINOLENICO**

Br. SHELLY E. ALEMÁN GUEVARA

TUTORA: Dra. EMPERATRIZ PACHECO DE DELAHAYE

MARACAY, NOVIEMBRE DE 2005.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE  
GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) COMO  
FUENTE DE FIBRA DIETÉTICA Y ÁCIDO ALFA-LINOLENICO**

Br. SHELLY E. ALEMÁN GUEVARA

TUTORA: Dra. EMPERATRIZ PACHECO DE DELAHAYE

ASESORA: Dra. NANCY SALINAS (Universidad de Carabobo)

Trabajo Especial de Grado presentado como parte de los requisitos exigidos para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Mención Agroindustrial, de la Universidad Central de Venezuela.

MARACAY, NOVIEMBRE DE 2005.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE  
GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA (*Linum usitatissimum*) COMO  
FUENTE DE FIBRA DIETÉTICA Y ÁCIDO ALFA-LINOLENICO**

Br. SHELLY E. ALEMÁN GUEVARA

TUTORA: Dra. EMPERATRIZ PACHECO DE DELAHAYE

ASESORA: Dra. NANCY SALINAS (Universidad de Carabobo)

MARACAY, NOVIEMBRE DE 2005.

## RESUMEN

Se formularon dos tipos de galletas de harina de trigo enriquecidas con 3 % y 5 % de linaza, y un control sin linaza, con el propósito de determinar la cantidad de fibra dietética y ácido  $\alpha$ - linolenico que la linaza aporta a las galletas, así como también el aporte en proteínas, cenizas y grasas. Estas galletas fueron almacenadas a temperatura ambiente por 30 días para determinar la estabilidad de las propiedades físicas, químicas y sensoriales durante el tiempo de estudio. Se obtuvo como resultado que la suplementación con linaza mejoró el valor nutritivo de las galletas al incrementar principalmente el porcentaje de fibra dietética de 6,48 % a 7,86 % y 10,11% para 3% y 5% de linaza respectivamente. Igualmente se encontraron aumentos en los valores de proteínas de 14,37% y 14,82%, en grasa de 10,31% y 10,88% y en cenizas de 1,39% y 1,45%. Se obtuvieron galletas con diámetro de 5,5 cm., espesor 1 cm. Y el peso varió de 17,40 gr. A 18,87gr. Y 19,47 gr. Para las galletas enriquecidas con 3% y 5%. La textura (dureza instrumental) de las galletas se midieron con el empleo de un Texturometro marca Stable micro Systems modelo TA-XT21, encontrándose que la dureza aumentó a medida que se incrementó el porcentaje de linaza. En relación a la evaluación de las galletas durante un mes de almacenamiento a temperatura ambiente, se observaron diferencias significativas en las variables humedad, pH y color a medida que transcurrió el tiempo de estudio lo cual indica que el tiempo sí influyó en la estabilidad de las galletas. La digestibilidad in vitro del almidón se atenuó a medida que se incrementó la sustitución de linaza en grano en las

galletas a niveles de 3% y 5%. En cuanto a la evaluación sensorial , realiza con el objeto de conocer la aceptabilidad de los consumidores, obteniéndose como resultado diferencias significativas en cuanto a la textura, mientras que no existieron diferencias en los parámetros color, olor, sabor y preferencia global. En base a lo descrito se concluyó que la linaza puede ser empleada para el enriquecimiento de galletas, ya que mejora el balance nutricional de las mismas y le confiere características agradables, lo cual es de suma importancia porque así, el consumidor no detectaría cambios sensoriales que puedan influir en continuar consumiendo las nuevas galletas.

Palabras Claves: galleta, linaza, fibra dietética, ácido  $\alpha$ - linolenico.

## TABLA DE CONTENIDO

3.6 Enriquecimiento de alimentos a base de fibra	24
3.7 Linaza, importancia en la salud	28
3.8 Factores antinutricionales de la linaza	32
<b>IV.- Materiales y Métodos</b>	<b>34</b>
4.1 Materiales	34
4.1.1 Materia Prima	34
4.1.2 Elaboración y formulación de las galletas de harina de trigo y linaza	35
4.2 Métodos	37
4.2.1 Composición química	37
4.2.2 Digestibilidad <i>in vitro</i> del almidón	41
4.2.3 perfil de ácidos grasos	41
4.2.4 Análisis Físicos	41
4.2.4.1 Peso	41
4.2.4.2 Dimensiones	41
4.2.4.3 Textura	41
4.2.4.4 Análisis físicos durante almacenamiento período de dos mese a temperatura ambiente	42
4.4 Evaluación sensorial	43
4.5 Diseño experimental	43
<b>V.- Resultados y Discusión</b>	<b>45</b>

5.1 Composición química de la materia prima	45
5.1.2 Composición química de las galletas de trigo y linaza	48
5.2 Análisis Físicos de las galletas de trigo y linaza antes del almacenamiento	63
5.2.1 Peso, espesor y diámetro	63
5.2.2 Textura de las galletas de trigo y linaza	66
5.3 Pruebas de estabilidad en las galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente durante dos meses	69
5.3.1 Humedad	69
5.3.2 pH	74
5.3.3 Color	74
5.4 Digestibilidad <i>in vitro</i> del almidón de las galletas de trigo y linaza	81
5.5 Evaluación sensorial de las galletas de trigo y linaza	83
5.6 Análisis de Perfil de ácidos grasos	87
<b>VI.- Conclusiones</b>	<b>93</b>
<b>VII.- Recomendaciones</b>	<b>95</b>
<b>VIII.- Referencias bibliográficas</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
1	Composición química de la harina de trigo	6
2	Propiedades de los gránulos de almidón nativo	10
3	Contenido de almidón resistente en harinas y almidones retrogradados	14
4	Composición de la harina de trigo con diferentes niveles de contenido proteico	16
5	Evaluación sensorial para la aceptabilidad de las galletas de azúcar formuladas con diferentes niveles de trigo, fonio y cowpea	19
6	Composición química de las galletas de chocolate de harina de trigo (GP) y sustituida con /% de harina de plátano verde (G-HT/HPV)	25
7	Composición química de la harina de trigo	46
8	Composición química de la linaza	47
9	Composición química de las galletas de trigo y linaza	49
10	Contenido de fibra dietética total y almidón en galletas de trigo y linaza	59
11	Propiedades físicas de las galletas de trigo y linaza peso, espesor y diámetro	64
12	Comportamiento de la textura (dureza instrumental) en galletas de trigo y linaza	67
13	Comportamiento de la humedad durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente de las galletas de trigo y linaza	71

14	Comportamiento del pH durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente de las galletas de trigo y linaza	74
15	Comportamiento del color durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente de las galletas de trigo y linaza	77
16	Evaluación sensorial de las galletas de trigo y linaza	84
17	Calculo teórico del aporte de ácido $\alpha$ -linolenico por cada galleta de trigo y linaza	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
1	Gránulos de almidón de diferentes origen	8
2	Cambios en el diámetro de galletas elaboradas con harina de trigo suave y harina de trigo duro durante la cocción	17
3	Componentes de la pared celular de la planta y de la fibra dietética	23
4	Comportamiento de la fibra en el colón	23
5	Grado de aceptación de galletas elaboradas con diferentes niveles de cascarilla de orujo de uva	27
6	Composición de ácidos grasos de la linaza	30
7	Esquema propuesto para la elaboración de galletas	38
8	Contenido de humedad en galletas de harina de trigo y linaza	50
9	Contenido de cenizas en las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	52
10	Contenido de proteína en las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	54
11	Contenido de grasa en las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	56
12	Contenido de carbohidratos en las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	58
13	Contenido de fibra dietética y almidón en las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	60
14	Peso de las galletas de harina de trigo enriquecidas con linaza	65

15	Comportamiento de la textura (dureza instrumental) en las galletas de trigo y linaza	68
16	Comportamiento de la humedad durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente de la galletas de trigo y linaza	72
17	Comportamiento del pH durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, de las galletas de trigo y linaza	75
18	Comportamiento del parámetro L en galletas de trigo y linaza durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente	78
19	Digestibilidad <i>in vitro</i> del almidón en las galletas de trigo y linaza	81
20	Cromatograma de las galletas de harina de trigo 100% o control (HT/L 100:0)	87
21	Cromatograma de las galletas de harina de trigo 97% y 3% linaza (HT/L 97:3)	88
22	Cromatograma de las galletas de harina de trigo 95% y 5 % linaza (HT/L 95:5)	89

## **I. INTRODUCCIÓN**

El hombre, para mantenerse como especie necesita disponer de materias primas alimenticias que le aporten nutrientes (Villarroel y col., 2000), sin embargo son muchas la enfermedades que en cierta medida se originan como consecuencia de malos hábitos alimenticios, estilo de vida y otros factores que ayudan en cierta forma a su aparición.

En el transcurso de las dos últimas décadas, la humanidad comienza a preocuparse por una correcta alimentación, generando en la población una mejor selección de los componentes dietarios, los cuales deben estar asociados a un menor riesgo de salud, de esta manera se contribuye a la prevención de tratamientos o enfermedades (Vaisey y Morris, 1997; Villarroel y col., 2000).

Por lo antes expuesto, en la actualidad la industria alimentaría enfrenta un permanente desafío para formular y desarrollar nuevas variedades de productos con estas características (López y col., 1997), aunado a esto en países donde las condiciones climáticas no son las adecuadas para el cultivo de trigo la producción de galletas 100% trigo no es rentable, esta situación ha incitado los esfuerzos para encontrar los suplementos adecuados para el trigo (Mc Watters y col., 2003).

Un ejemplo de ello, es el uso de linaza, cuya popularidad ha crecido firmemente en la industria de la panificación por generar beneficios a la salud, referidos a la prevención de distintos tipos cáncer particularmente los hormona-sensibles (endometrio, colón, próstata y de pecho), reduce los niveles de colesterol en la sangre, el riesgo de enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y regula el sistema inmunológico, entre otros, (Vaisey y Morris, 1997) .

En base a los estudios citados, se fijaron los objetivos del trabajo de investigación:

## **II.- OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Formular y Evaluar físico-química y sensorialmente galletas de trigo y linaza como fuente de fibra dietética y ácido alfa-linolenico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Formular galletas de trigo y linaza.
- ✓ Evaluar las características químicas de las galletas de trigo y linaza.
- ✓ Determinar el perfil de ácidos grasos de las galletas de trigo y linaza.
- ✓ Estudiar los cambios de algunas propiedades físicas de las galletas de trigo y linaza, durante dos (2) meses de almacenamiento a temperatura ambiente.
- ✓ Determinar la textura de las galletas de trigo y linaza.
- ✓ Evaluar sensorialmente las galletas de trigo y linaza.

### **III.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1- TRIGO**

El trigo (*Triticum vulgare L*), se cree que fue cultivado por primera vez en Egipto, en las orillas del río Nilo, según lo representan monumentos antiguos, en que aparecen escenas agrícolas, también en China y Roma donde la agricultura adquirió gran desarrollo en la antigüedad. Muchas especies de trigo se pudieron hallar silvestres en Grecia, Sicilia, Palestina, Persia y la India (Enciclopedia Agropecuaria Terranova, 1995).

La producción de trigo es muy dispersa, y en forma general puede decirse que se produce de igual manera entre los países en desarrollo y desarrollados. Su producción representa aproximadamente una tercera parte de la producción mundial de cereales. Se trata fundamentalmente de un cultivo alimenticio, que representa el 43% de los cereales utilizados como alimento sobre todo en los países desarrollados. Las perspectivas mundiales de la producción de trigo muestran un incremento de 95 millones de toneladas hasta llegar a 642 millones de toneladas en el año 2005. (FAO, 2005).

## CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TRIGO (*Triticum vulgare* L), SEGÚN

### Enciclopedia Agropecuaria Terranova (1995)

Reino .....	Vegetal
Clase .....	Angiospermae
Subclase .....	Monocotyledoneae
Orden .....	Glumiflorae
Familia .....	Graminaceae
Género .....	<i>Triticum</i>
Especie .....	<i>Triticum vulgare</i> L.
Subespecie .....	<i>vulgare</i>

### 3.2- PROTEÍNAS DEL TRIGO.

El trigo contiene grandes cantidades de proteínas aunque está limitado el contenido de aminoácidos como la lisina y el triptófano (Grewal e Hira, 2001).

La proteína del trigo está constituida por albúmina, globulina, gliadina y glutenina. Éstas dos últimas son fracciones principales y constituyen la mayoría del gluten cuando la masa es lavada hasta estar libre de almidón y contribuyen a dar las propiedades reológicas de la masa. La gliadina imparte viscosidad mientras que la glutenina le confiere elasticidad a la masa. Es por esto, que son reconocidas como los componentes más importantes en la industria de la panificación. (Faergestad y col., 2001; Pacheco y col., 2005; Jood y col., 2001).

Las proteínas del trigo nunca se consumen en su estado nativo, ya que se ajustan por medio del tratamiento calórico para darle palatabilidad y aceptabilidad para el consumo humano (Grewal e Hira, 2001).

En los recientes años la atención y el interés por la harina de trigo ha crecido, debido a su composición química (Cuadro 1), además de ser utilizada para el desarrollo de nuevas recetas de cocina, esto incluye productos de panadería, alimentos para bebés, productos con alto contenido de fibra dietética y carotenoides; así como comidas para diabéticos y pacientes celíacos (Corbellini y col., 1999).

**Cuadro 1. Composición química de la harina de trigo (Pacheco y col., 2005)**

g/100g	HARINA DE TRIGO
Humedad	11,90
Proteína Cruda *	16,24
Grasa Cruda	0,92
Ceniza	0,42
Almidón	61,21
Fibra Dietética	4,58

\* factor de conversión N x 6,25

La harina de trigo está presente en una amplia gama de productos y es el principal ingrediente en la industria de la panificación, para la elaboración de pan, biscochos, pastas, pasteles y galletas. (Grewal e Hira, 2001).

### 3.3.- ALMIDÓN

El almidón es un carbohidrato que está constituido por dos polisacáridos: la amilosa en una proporción de 20 a 30% y el resto es la amilopectina; la primera está constituida por moléculas lineales de glucosa que se encuentra enrollada en forma de hélice, formada por enlaces  $\alpha$  (1-4) y la amilopectina por moléculas amorfas de cadenas largas y ramificadas de glucosa formada por enlaces  $\alpha$  (1-4) vinculados con los enlaces  $\alpha$  (1-6). Estos se encuentran en forma de gránulos en los cloroplastos de semillas con tonalidades verdes y en los amiloplastos de órganos de reserva tales como las semillas y los tubérculos (Ellis y col., 1998; Morita y col., 2002; Sasaki y col., 2002).Figura 1.

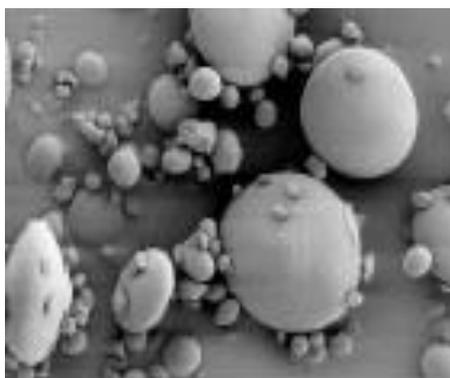


Figura 1. Gránulos de almidón de trigo.

Kim y col., (2003).

Para Van Der Burgt y col., (1999); el almidón, es el polisacárido que se encuentra almacenado en mayor proporción en las plantas, en donde los gránulos de amilosa y amilopectina se encuentran en una proporción aproximada de 20:80 dependiendo del origen. Figura 2.

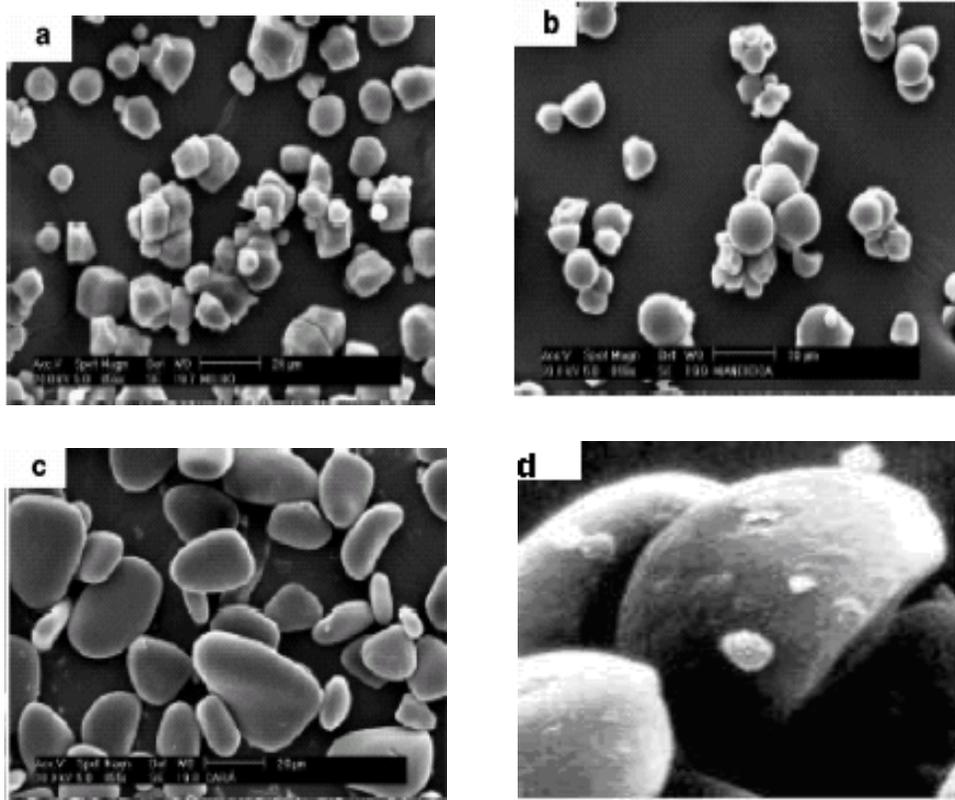


Figura 2. Gránulo de Almidón de diferentes Origen. a- Almidón de maíz, amilosa 25%; b- almidón de yuca, amilosa 20%; c- almidón de ñame, amilosa 30%; d- almidón de trigo, amilosa 24%.

Mali y col., (2004).

El almidón, es el componente mayoritario de la dieta humana, como carbohidrato digerible y no digerible en el tracto intestinal. De acuerdo a Van Der Burgt y col., (1999), el almidón es el hidrato de carbono más abundante en el mundo, el cual está disponible en cantidades suficientes y de excelente calidad. Su producción mundial anual se estima alrededor de 25 y 45 millones de toneladas, confirmándolo así Ellis y col., (1998), que aseguran que el mercado mundial de almidones industriales ha crecido y la demanda actual está restringida a cultivos como papa, maíz, trigo, yuca y maíz ceroso, los cuales confieren distintas propiedades de acuerdo a la especie como se observa en el Cuadro 2.

Los gránulos de almidón nativos que se encuentran en alimentos crudos son indigeribles, mientras que los gránulos de almidón que forman parte de los alimentos cocidos son de fácil digeribilidad una vez que ocurre el proceso de gelatinización, este consiste en aplicar un tratamiento calórico en presencia de agua, en donde los gránulos de almidón se hinchan y pierden gradualmente su orden molecular, además se solubiliza la cadena de amilosa contribuyendo a la formación de gel de almidón. (García y col., 1999; León y col., 1998).

Asegura Osorio y col., (2003) que el almidón se consideraba como un carbohidrato disponible, completamente digerido y absorbido en el intestino delgado. Sin embargo, una fracción del almidón resiste la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas sigue su tránsito por el intestino grueso donde es fermentado por la microflora del colon.

**Cuadro 2. Propiedades de los Gránulos de Almidón Nativo**

Propiedades del Almidón	Papa	Maíz	Maíz Ceroso	Trigo	Yuca
Diámetro ( $\mu\text{m}$ )					
Máximo	5-100	3-26	3-26	3-40	4-35
Mediano	30	15	15	10	20
Lípidos (%m/m)	0,05	0,60	0,15	0,80	0,10
Proteína (%m/m)	0,06	0,35	0,25	0,40	0,10
Fósforo (%m/m)	0,80	0,20	0,01	0,06	0,01
Amilopectina (%)	21	28	0	28	17
Grado de Polimerización					
Amilasa	3000	800	-	800	3000
Amilopectina ( $\times 10^6$ )	2	2	2	2	2
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	60-65	75-80	65-70	80-85	65-70
Viscosidad (Máx.)	3000	600	800	300	1000
Fragilidad a $95^{\circ}\text{C}$	1153	24	64	21	71
Viscosidad del Almidón	Muy alto	Mediana	Medianamente Alto	Medianamente Bajo	Alto
Claridad del Almidón	Muy Claro	Opaco	Bastante Claro	Turbio	Completamente Claro
Retrogradación	Medianamente Bajo	Alta	Muy baja	Alta	Baja

Ellis y col., (1998).

Pacheco, (2000), afirma que el estudio de la digestibilidad *in vitro* del almidón permite obtener una información relativa sobre el grado de gelatinización en un producto, y predecir la biodisponibilidad del almidón *in vivo*.

Según Kavita y col., (1998), la digestibilidad del almidón está influenciada por la accesibilidad del almidón, sea el modelo cristalino, el gránulo ó la fracción del almidón retrogradado, a las enzimas digestivas.

Bello y col., (2004), evaluaron la digestibilidad *in vitro* del almidón de plátano en galletas, observando que éstas son menos susceptibles a la reacción de  $\alpha$ -amilolisis, es decir, son parcialmente resistentes a la hidrólisis por parte de amilasas digestivas.

El almidón que no es digerido enzimáticamente en el intestino delgado de individuos saludables y es hidrolizado finalmente en el intestino grueso se le denomina almidón resistente, (Kavita y col., 1998).

De acuerdo a García y col., (1999), el almidón resistente, está definido como la fracción que no es hidrolizada en el intestino delgado, que pasa directamente al intestino grueso; en donde fermenta la microflora colónica con la producción de ácidos grasos de cadenas cortas (principalmente acético, propiónico y ácido butírico),

que luego son asimilados y prestan beneficios importantes en la salud humana similares a los ofrecidos por la fibra dietética soluble.

Pacheco, (2002); lo define como el almidón y sus productos de degradación que son resistentes a las enzimas intestinales de individuos saludables.

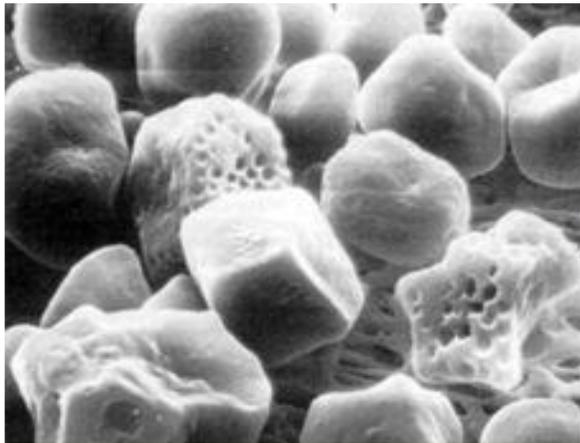


Figura 3. Gránulo de Almidón Resistente

Los almidones resistentes han sido clasificados según Kavita y col., (1998); en base a la susceptibilidad a la  $\alpha$ -amilasa en tres tipos principalmente:

- ✓ Almidón resistente tipo I: se refiere al almidón rápidamente digerible en el intestino delgado, se puede encontrar en granos fraccionados parcialmente.

- ✓ Almidón Resistente tipo II: Es el almidón parcialmente resistente, sólo una porción de él es digerido en el intestino delgado, éste es comúnmente conocido como almidón nativo, el cual está presente en alimentos no cocidos.
  
- ✓ Almidón Resistente tipo III: Se encuentra en las comidas procesadas y se le denomina almidones retrogradados, los cuales no son hidrolizados en el intestino delgado.

Sin embargo, García y col., (1999), distinguen un cuarto tipo de almidón resistente, el cual comprende los almidones químicamente modificados.

En la industria de alimentos los almidones resistentes han despertado gran interés en cuanto a los diferentes usos que a éstos se les puede dar, tantos nutritivos como tecnológicos. Estos pueden ser utilizados para dar crujencia a productos como galletas, biscochos, pan entre otros, además de dar textura en alimentos a base de cereales para desayuno, pastas entre otros (García y col., 1999). Del mismo modo, en el estudio realizado por los mismos autores, dirigido a la producción de almidones resistentes por medio de procesos tecnológicos, hacen mención que las diferencias de almidones resistentes formados ya sea en cereales o tubérculos, se deben a las variaciones de polimerización, estructura del gránulo o propiedades de los geles de almidón (Cuadro 3). Se observa que la harina de papa presenta los valores más altos de almidón resistente, mientras que la harina de maíz arrojó valores más bajos que la harina de trigo.

**Cuadro 3. El contenido de almidón resistente (AR) en harinas y almidones retrogradados**

	<b>Almidón Resistente</b>
<b>TRIGO</b>	
Almidón	14,4 ± 0,87
Harina	7,25 ± 0,56
<b>MAÍZ</b>	
Almidón	11,0 ± 0,80
Harina	1,96 ± 0,22
<b>ARROZ</b>	
Almidón	3,94 ± 0,50
Harina	5,44 ± 0,30
<b>PAPA</b>	
Almidón	21,2 ± 1,30
Harina	14,6 ± 0,20

García y col., (1999). Valores medios ± ( **n= 3**).

### **3.4.- GALLETAS**

Las galletas constituyen uno de los productos más versátiles clasificados como de consumo masivo. Elaboradas a base de trigo, son dentro del grupo de los farináceos, los que más atención han demandado desde el punto de vista de investigación, dado que hoy en día es considerado un producto de primera necesidad debido a la alta aceptabilidad que tiene entre los grupos de todas las edades y la investigación se centra no solamente en la reducción de calorías a través de la

sustitución de harinas o grasa con reemplazadores de menor contenido calórico, sino también en el contenido de fibra dietética (Maldonado y Pacheco, 2000).

La Norma COVENIN 1483-83; define a las galletas, como el producto obtenido de la mezcla de harina de trigo y/o de otros cereales, con los otros ingredientes y aditivos contemplados en esta Norma, el cual se somete a varios procesos tales como fermentación, laminación y otros antes de ser formado para su posterior horneado y empaque.

Según Shewry y col., (1995), asegura que la harina de trigo en la galleta abarca aproximadamente el 60% , pero éstas requieren dos tipos de harinas caracterizadas por su contenido proteico, alrededor de 7,0 a 8,0 % para la harina más suave y de 8,5 a 10 % para la más dura. Sin embargo el tipo de harina puede adaptarse a la calidad de la galleta deseada (Toufeili y col., 1994).

Mientras Mikhaylenko y col., (2000); asegura que el alto contenido de proteína en la harina de trigo, esta relacionado con la textura de la galleta y desarrolla un gluten fuerte durante la cocción, incrementando la viscosidad de la galleta, lo cual es indeseable porque tiende a restringir la misma, por lo tanto, la composición de la harina y las propiedades físicas afectan significativamente la calidad de las galletas.

**Cuadro 4. Composición de la harina de trigo con diferentes niveles de contenido proteico.**

<b>PARÁMETRO (%)</b>	<b>HARINA SUAVE</b>	<b>HARINA SUAVE</b>	<b>HARINA DURA</b>	<b>HARINA DURA</b>
HUMEDAD	13,2	14,7	10,09 ± 0,20	11,90 ± 0,42
PROTEINA CRUDA	7,8	8,2	10,62 ± 0,06	16,24 ± 0,14
CENIZAS	0,5	2,2	0,59 ± 0,02	0,42 ± 0,03
GRASA	2,8	2,0	1,38 ± 0,11	0,92 ± 0,13
CARBOHIDRATOS	75,3	78,3	77,32 ± 0,26	–
FIBRA DIETÉTICA	0,4	2,4	–	4,58 ± 0,10
	A	B	C	D

**Fuente:**

A: Penna y col., 2003.

B: Iwuoha y col., 1997.

C: Reyes y col., 2004.

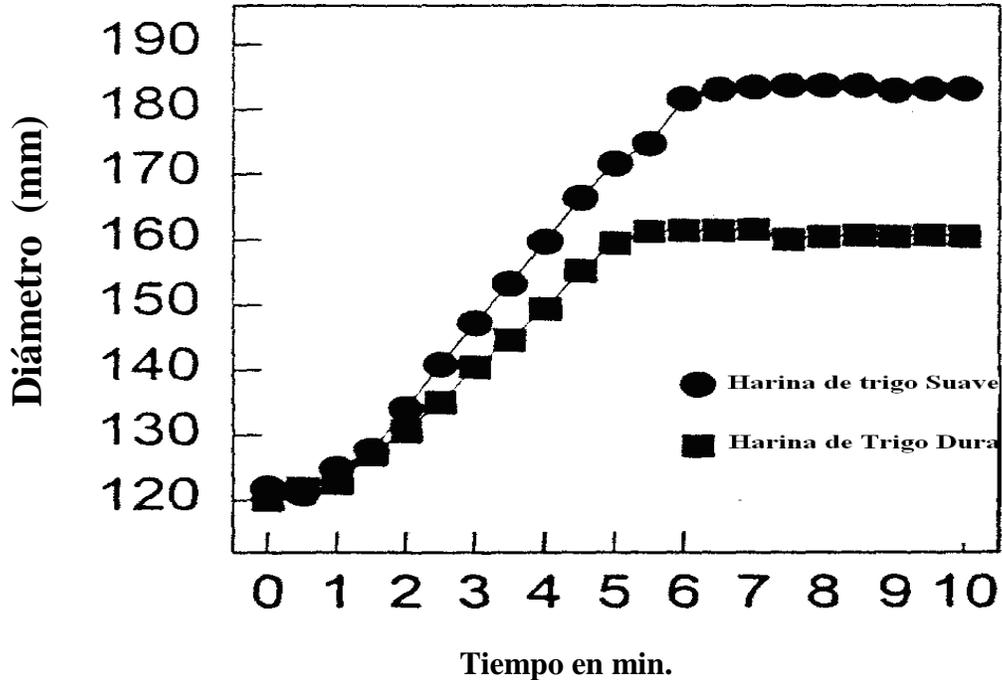
D: Pacheco y col., 2005.

El estudio realizado por Miller y col., (1997), demostró que las galletas elaboradas con harina de trigo suave presentan mayor diámetro que las elaboradas

con harina de trigo duro aún durante la cocción (Figura 4), posiblemente debido por la sacarosa la cual actúa como plastificante, además de afectar el contenido de agua.

Pero posteriormente Hosney y col., (1997), en su investigación elaboraron galletas con harina de trigo duro y un alto contenido de agua, resultando un diámetro más pequeño que la galleta elaborada con harina de trigo suave y bajo contenido de agua, por lo que concluyen que la diferencia del diámetro no es atribuible al contenido de agua.

**Figura 4. Cambios en el diámetro de las galletas elaboradas con harina de trigo suave y harina de trigo duro durante la cocción**



Muchos estudios se han realizado en los últimos años sobre galletas en cuanto a la harina de trigo que las componen y la manera de cómo disminuir su contenido, por medio de la suplementación de la harina de trigo con el fin de obtener productos más nutritivos con un buen aporte de proteínas, calorías, fibra dietética, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, sin que se afecte la calidad de las mismas.

Cori y col., (2004), elaboraron galletas dulces tipo oblea con diferentes proporciones de harina desgrasada de girasol (0%, 1%, 2% y 3%) observándose que las galletas suplementadas con 2% de harina de girasol en la masa de la galleta, es la que mejor se ajusta a los parámetros sensoriales que exige el consumidor para este tipo de producto.

Según Mc Watters y col., (2003), en su estudio para la elaboración de galletas azucaradas de harina de trigo suplementadas con diferentes niveles de fonio (*Digitaria exilis*) el cual es una variedad de sorgo y cowpea (*Vigna unguiculada*) una variedad de garbanzo, los autores mencionan que se pueden elaborar galletas suplementadas con altos niveles de fonio específicamente 50%. Obtuvieron una evaluación sensorial (apariencia, color, textura y aceptabilidad) similar a las galletas 100% harina de trigo como se observa en el Cuadro 5, mientras que las galletas suplementadas con cowpea eran inaceptables. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, sugieren que se pueden obtener galletas de buena calidad

comercial siempre y cuando la adición de fonio sea en los niveles no mayores del 50%.

**Cuadro 5. Evaluación sensorial para la aceptabilidad de las galletas de azúcar formuladas con diferentes niveles de trigo, fonio y cowpea**

<b>HARINA</b>	<b>APARIENCIA</b>	<b>COLOR</b>	<b>SABOR</b>	<b>TEXTURA</b>
<b>100% Trigo</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>	<b>7,1</b>	<b>6,9</b>
<b>50% Trigo, 50% Fonio</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,7</b>	<b>6,7</b>
<b>50% Trigo, 50% Cowpea</b>	<b>6,8</b>	<b>7,0</b>	<b>4,8</b>	<b>6,4</b>
<b>75% Fonio, 25% Cowpea</b>	<b>6,2</b>	<b>5,9</b>	<b>5,5</b>	<b>5,9</b>
<b>50% Fonio, 50 %Cowpea</b>	<b>6,4</b>	<b>6,3</b>	<b>4,9</b>	<b>5,9</b>

Escala hedónica del 1 al 9., 1= Desagrada mucho y 9= Agradada mucho.

### **3.5.- FIBRA DIETÉTICA, PROPIEDADES FUNCIONALES Y EFECTOS FISIOLÓGICOS EN LA SALUD**

Entre los componentes de la dieta diaria que han recibido especial atención en los últimos tiempos figura la fibra dietética, basado este interés en evidencias científicas y epidemiológicas que han señalado una asociación positiva entre dietas ricas en fibra provenientes de tubérculos, cereales, leguminosas, frutas, algas entre

otros; de esta forma se logra una dieta baja en colesterol, con mejores niveles de salud en la población (Villaruel y col., 2002).

El primero en emplear el término de fibra dietética fue HispKey, al referirse a la pared divisoria de las células de los vegetales consumidos por los humanos, mientras que Burkitt le da un carácter más científico al responsabilizarlas de efectos fisiológicos positivos, hasta que Trowell se refiere a este componente celular desde el punto de vista químico como las paredes de los vegetales que resiste la acción de las secreciones del tracto gastrointestinal, una definición que este autor posteriormente limitó a las sustancias unidas a los polisacáridos estructurales y lignina, entre éstos las ceras, cutinas, polifenoles, proteínas indigestibles y una parte de lípidos y compuestos orgánicos. Cuatro años más tarde, Jenkis, sostiene que los polisacáridos ingeridos con las comidas reducen la glucosa posprandial y supone que su efecto fundamental es incrementar la viscosidad de las preparaciones ingeridas, disminuyendo la tasa inicial de transporte y como consecuencia la disponibilidad de nutrientes en el intestino (González , 2000; Hernández y col., 1995).

Ganuzá, (2001), define la fibra dietética como una sustancia procedente de las plantas que no puede ser digerida por las enzimas del tracto gastro digestivo de los humanos .

De acuerdo a lo definido por Hernández y col., (1995), la fibra dietética es un componente que está constituido por un grupo diversificado de compuestos complejos de diferentes estructuras químicas y botánicas que tienen diferentes efectos fisiológicos.

Pacheco y col., (1997), la define como diversos carbohidratos vegetales incluyendo las pectinas, que resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas del hombre, pero que puede ser parcialmente hidrolizados por las enzimas de la microflora intestinal, con la producción de hidrógeno, metano, dióxido de carbono y algunas cadenas cortas de ácidos grasos volátiles.

A su vez; Ganuza, (2001), comenta que son polisacáridos estructurales de las plantas, siendo sus moléculas básicas de glucosa, la fructosa y otros monosacáridos (hexosas y pentosas). Se pueden distinguir:

- ✓ Celulosa: Polímeros de glucosa que se encuentra en la cubierta de los cereales y en las verduras (por ejemplo, alcachofas, espinacas y judías verdes).

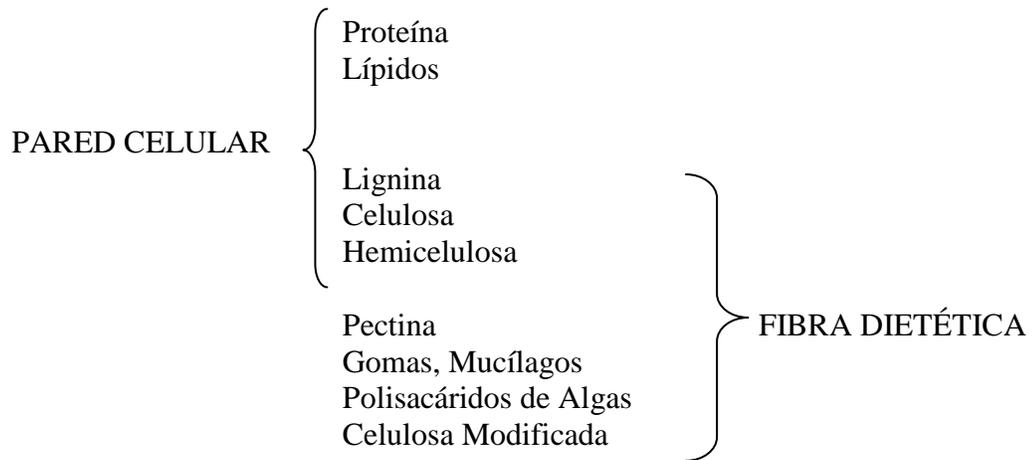
- ✓ Hemicelulosa: Se encuentra en los mismos alimentos que la celulosa. No se digieren en el intestino delgado humano, aunque si se desdoblán parcialmente en el colón por la acción de la flora microbiana.

✓ Pectinas: Son sustancias que se encuentran en los tejidos blandos de las frutas. Tienen la propiedad de formar gelatinas en presencia de azúcares, calor y un medio ácido débil. Se utilizan para espesar algunas mermeladas y otras conservas.

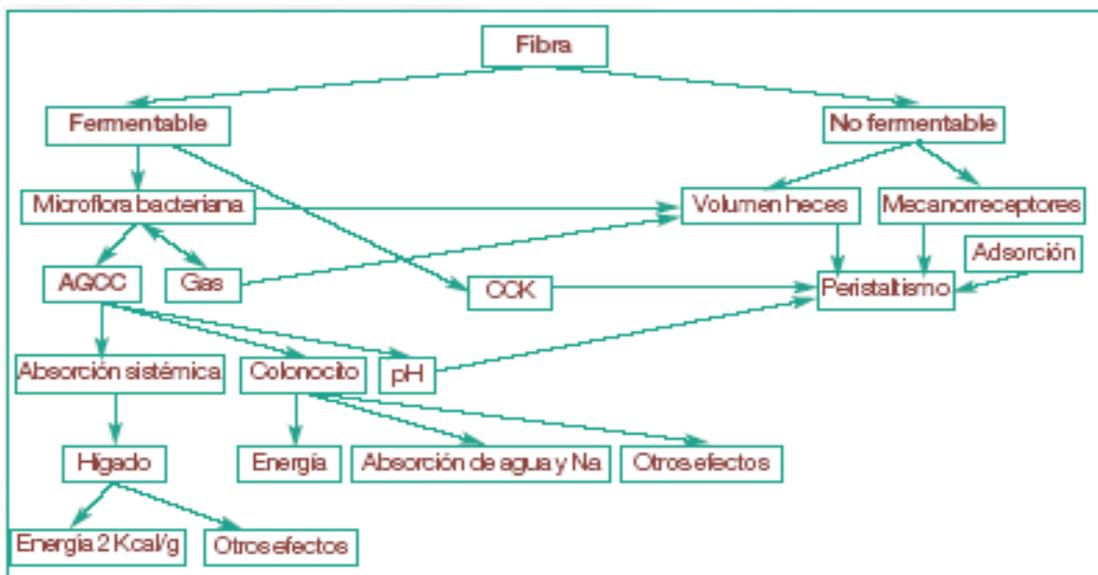
✓ Ligninas: Forma la estructura de la parte más dura o leñosa de los vegetales como acelgas, lechuga, el tegumento de los cereales, etc., no es un polisacárido sino un polímero de cadenas de fenilpropano. Es totalmente digerible.

✓ Gomas y mucílagos: Son polisacáridos hidrosolubles que poseen gran capacidad de retención del agua. Entre ellos la goma guar.

Pak, (2000); asegura que la fibra dietética está conformada por la suma de la fracción insoluble constituida por celulosa, gran parte de hemicelulosa y lignina mientras que la fracción soluble está conformada por pectinas, gomas, mucílagos y ciertas hemicelulosas, (Figura 5), que presentan en general roles fisiológicos diferentes. La fibra insoluble (no fermentable) tiene mayor inherencia en aumentar el volumen de las deposiciones y disminuir el tránsito intestinal de la fibra soluble (fermentable) se le relaciona con su acción sobre el metabolismo de hidratos de carbono y lípidos. En la Figura 6, se muestra el comportamiento de la fibra en el colón.



**Figura 5. Componentes de la pared celular de la planta y de la fibra dietética según Pak (2000).**



AGCC: ácidos grasos de cadena corta  
CCK: Colecistoquinina

**Figura 6. Comportamiento de la fibra en el colón.**

Silk y col., (2001).

### **3.6.- 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. (Villarroel 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 5, siendo la media de 1,6% (Pak, 2000).

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).

Se ha investigado la incorporación de fibra de varias fuentes en la elaboración de galletas, así mismo se ha observado que la adición de fibra dietética puede alterar algunas propiedades de los alimentos tales como apariencia, sabor, textura. (Romero y col., 2004).

Sin embargo Carson y Sun, (2001); afirman que la textura varía de acuerdo al tipo de suplemento en la harina de trigo.

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 ( Cuadro 6), y sensoriales de esta manera al incrementar el contenido de fibra dietética y almidones resistentes se logra la sustitución de la harina de trigo.

**Cuadro 6. Composición química de galletas de chocolate de harina de trigo (GP) y sustituida con 7 % de harina de plátano verde (G-HT/HPV)**

PARÁMETROS DE MUESTRA	GP	G-HT/HPV
<b>Humedad</b>	4,92 ± 0,07 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,59 <sup>b</sup>
<b>Ceniza *</b>	2,46 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,69 ± 0,03 <sup>a</sup>
<b>Grasa *</b>	13,23 ± 0,05 <sup>a</sup>	13,23 ± 0,12 <sup>a</sup>
<b>Proteína *</b>	8,93 ± 0,12 <sup>b</sup>	9,68 ± 0,04 <sup>a</sup>
<b>Fibra Dietética *</b>	4,97 ± 0,09 <sup>b</sup>	5,40 ± 0,21 <sup>a</sup>
<b>Almidón *</b>	68,13 ± 0,43 <sup>a</sup>	67,70 ± 0,32 <sup>b</sup>
<b>Azúcares reductores*</b>	3,11 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,19 ± 0,04 <sup>a</sup>
<b>Azúcares Totales*</b>	25,36 ± 1,71 <sup>a</sup>	30,55 ± 1,34 <sup>b</sup>
<b>Almidones resistentes*</b>	0,19 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,10 <sup>a</sup>

Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras a nivel de significación de P< 0.005.

\* Base Seca

GP: Galleta patrón (sin sustitución)

G-HT/HPV: Galleta de harina de trigo + 7% de harina de plátano verde.

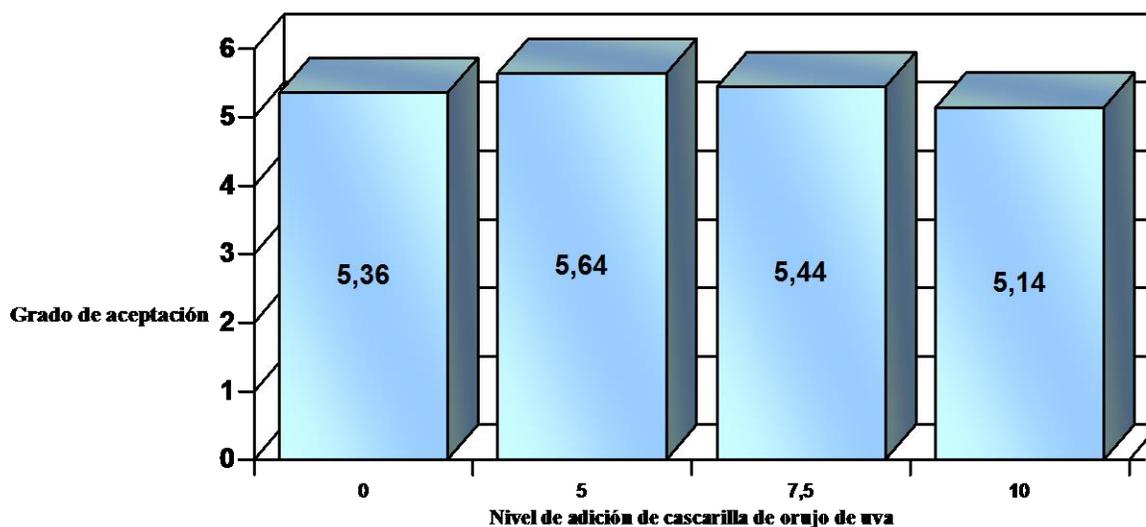
En el cuadro 6, se observa un incremento significativo en toda la composición química de la galleta de harina de trigo suplementada con 7% de harina verde con respecto a la galleta patrón (sin suplementación), a excepción del contenido de humedad, provocada probablemente por la sustitución; el contenido de grasa permaneció invariable debido a que la sustitución se realizó a nivel de harinas y no de grasa.

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 Sharma y Chauhan, (2002); donde elaboraron galletas de harina de trigo suplementadas con salvado de arroz y fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) (leguminosa comúnmente conocida como alholva), los autores aseguran que se puede incorporar salvado de arroz mezclado con alholva en niveles del 10% con características sensoriales aceptables y mejoras nutricionales por el aporte de fibra dietética.

Del mismo modo afirman Romero y col.,(2004), que se puede incorporar la cascarilla de orujo de uva a niveles de 5 y 7,5 % para la elaboración de galletas con características sensoriales aceptables (Figura 7), y un alto contenido de fibra dietética.

**Figura 7. Grado de aceptación de galletas elaboradas con diferentes niveles de cascarilla de orujo de uva**



La adición de cascarilla de orujo de uva no afectó significativamente la aceptación de las galletas, se presentó un alto grado de aceptación, es decir, los valores dados por los evaluadores estuvieron entre los puntos 5 y 6 en la escala hedónica que corresponden a me gusta ligeramente y me gusta, respectivamente.

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.

### 3.7.- LINAZA, IMPORTANCIA EN LA SALUD

La Linaza (*Linum usitatissimum*), es un grano antiguo que ha sido parte de la dieta humana. Originando en Mesopotamia, la planta de linaza se ha conocido desde la edad de piedra. Uno de los primeros expedientes del uso culinario de la linaza es a partir de épocas de Grecia antigua. Hipócrates, el padre de la medicina moderna, escribió de usar lino para el alivio de dolores del estómago en 650 A.C., y el filósofo griego Theophrastus, recomendó el uso del mucílago de lino como remedio contra la tos. En el siglo VIII D.C. Carlo Magno, consideró el lino tan importante por su uso culinario, medicinal y utilidad de la fibra. Fue posteriormente introducida por los colonos a América del Norte, y en el siglo XVII, se introdujo y plantó en Canadá, país que actualmente domina la producción mundial, para el año 1996/1997 la producción anual se estimó en 40 % aproximadamente 860.00 toneladas.(Enciclopedia Agropecuaria Terranova, 1995; Vaisey y Morris, 1997).

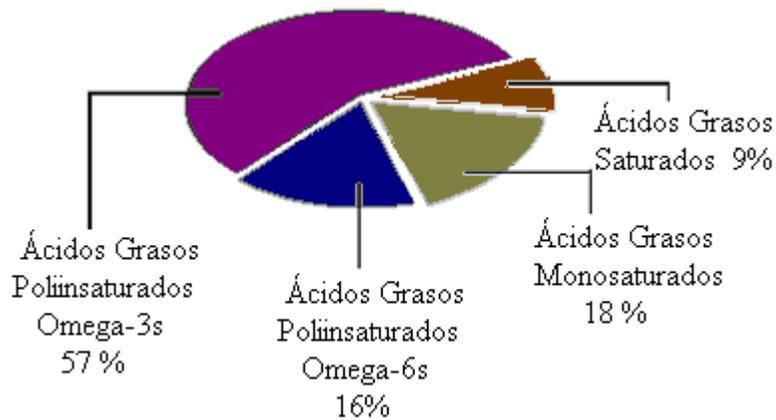
#### CLASIFICACIÓN TAXONOMICA SEGÚN Enciclopedia Agropecuaria Terranova (1995).

Reino .....	Vegetal
Clase .....	Angiospermae
Subclase.....	Dicotyledoneae
Orden .....	Geraniales
Familia .....	Linaceae
Género .....	<i>Linum</i>
Especie .....	<i>Linum usitatissimum</i>
Subespecie .....	<i>usitatissimum</i>

La linaza es rica en proteína, grasa y fibra dietética, ésta contribuyen a una dieta saludable. Estudios canadienses realizados, confirman que posee aproximadamente 41 % grasa, 28% fibra dietética, 21% proteína, 4 % cenizas y 6 % de hidratos de carbono (azúcares que incluyen ácidos fenólicos, lignina y hemicelulosa) en peso seco (Guerrero, 1999 y Vaisey y Morris, 1999).

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.

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  $\alpha$ -linolenico un ácido graso del omega-3 (ALA), que constituye aproximadamente el 57 % de los ácidos grasos totales en la linaza (Ver Figura 8), este actualmente reconocido como ácido graso esencial en la dieta, por los beneficios generados a la salud. Asegura Fernández y col., (1999), que ALA reduce o inhibe los factores relacionados con los desordenes inmunológicos e inflamatorios así como el riesgo cardiovascular.



**Figura 8. Composición de Ácidos Grasos de la Linaza**

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 %. (Warrand y col., 2005).

La linaza, es particularmente rica en potasio, y se encuentra en valores aproximadamente siete (7) veces mayores que en el plátano. La vitamina liposoluble, como el tocoferol está principalmente como  $\gamma$ -tocoferol que funciona como un antioxidante biológico.

El hombre en su afán de alimentación para sobrevivir, comienza a preocuparse por una correcta alimentación, generando en la población mayor atención por lo que come.

Actualmente, la popularidad de la linaza ha crecido a nivel mundial, como suplemento de alimentos, más aún cuando los consumidores concientes de la importancia de la salud aumentan la demanda por alimentos enriquecidos con linaza, ya que ésta ofrece potenciales beneficios a la salud por su contenido de fibra dietética, lignina y  $\alpha$ -linolenico.

Estudios canadienses, acerca de la linaza muestran que el consumo de ésta mejora la laxación, debido a que al igual que los cereales y las legumbres posee un alto contenido de fibra dietética, con lo cual se logra aumentar el volumen intestinal. Esto se ha demostrado en jóvenes saludables y en ancianos que a menudo tienden a desarrollar estreñimiento debido a la inactividad, dietas bajas en fibra o al uso de medicamentos. Las personas consumieron por cuatro (4) semanas galletas suplementadas con linaza y se evidenció que los movimientos del intestino aumentaban un 30% por semana. (Vaisey y Morris, 1997).

Del mismo modo se demostró, que por su contenido de lignina y  $\alpha$ -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. Wilkinson y col., (2005), en su investigación realizada con hombres de edades comprendidas entre 35 y 60 años, a los cuales se le suministro tres dietas la primera proporcionaba 57% ALA, la segunda 63% de ácido linoleico y la última a base de aceite de pescado, demostraron la disminución del colesterol en sangre.

Los consumidores pueden aumentar su consumo de linaza de varias formas, agregándola en yogurt, cereal y ensaladas o adquiriéndola en panes y galletas suplementadas con linaza a niveles de 10 a 20% del peso de la harina de trigo.(Vaisey y Morris, 1997).

Las personas que incluyen la linaza en su dieta diaria podrán disfrutar de un buen sabor y además de reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Vaisey y Morris, 1997).

### **3.8.- FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LA LINAZA**

✓ Ácido Fítico: La presencia de ácido fítico y su porcentaje en los alimentos se ha descrito como un factor antinutritivo asociado a la fibra dietética más importante en la reducción de la biodisponibilidad mineral (Nawirska y Kwasniewska, 2005). El ácido fítico está ampliamente distribuido en los alimentos vegetales; ejemplo de ello es la linaza, en donde éste concentra el calcio, cobre,

hierro, magnesio y zinc para formar complejos insolubles en el intestino ocasionando la reducción de la biodisponibilidad de estos minerales. (Vaisey y Morris, 1997).

✓ Linatina: Se encuentra presente, pero en niveles que parecen ser inofensivos para los seres humanos; ésta bloquea las acciones de la vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina). (Vaisey y Morris, 1997).

✓ Fitoestrógenos: Pueden actuar como estrógenos o antagonista de los estrógenos, dependiendo de la presencia de estrógenos más fuertes como el estradiol. Cuando actúan como antagonistas de los estrógenos combaten las acciones de los estrógenos endógenos (son los que genera el cuerpo humano). Cuando los niveles de estrógenos en la sangre son normales, los fitoestrógenos se pueden adherir al receptor del estrógeno y bloquear las acciones de los estrógenos endógenos. Por lo cual se debe tener cautela al consumir linaza en los períodos hormona- sensible, en embarazo y lactación ya que pueden ocasionar defectos de nacimientos y abortos espontáneos, disminución de la fertilidad (Ward y col., 2001; Tou y col., 1998).

✓ Glúcidos cianogénicos: son un grupo de sustancias naturales que se encuentran en las plantas que liberan cianuro, el cual es venenoso cuando es degradado en el caso de la linaza por la enzima linamarasa, efecto que se contrarresta al someter a tratamiento térmico la linaza, logrando de esta manera la destrucción de la enzima que metaboliza los glúcidos cianogénicos, liberando el cianuro presente. (Feng y col., 2003).

## **VI- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1.- Materiales:**

#### **4.1.1.- Materia prima:**

Como material vegetal se utilizó, harina de trigo duro y linaza en grano como ingredientes principales, además de huevo, aceite de maíz, rallado de cítrica, esencia de vainilla y azúcar, los cuales conforman los ingredientes secundarios. Estos ingredientes fueron donados amablemente por la profesora Emperatriz Pacheco, los cuales fueron comprados en Supermercados Regional de la ciudad de Maracay, Venezuela. seguidamente fueron trasladados al laboratorio de Bioquímica de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para luego elaborar las galletas con harina de trigo y linaza.

El experimento fue llevado a cabo en el laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, U.C.V.

#### 4.1.2.- Formulación y elaboración de las galletas de harina de trigo y linaza.

Las galletas fueron elaboradas según el esquema tecnológico (Figura 9), propuesto por Pacheco, 2005.

Previamente a su elaboración, se realizaron pruebas preliminares a pequeña escala con el fin de establecer los porcentajes óptimos de linaza (en grano), que se utilizarían para obtener un producto de buena aceptación comercial, en cuanto color, olor, sabor, textura y apariencia global, en base a una evaluación sensorial con un panel de expertos. Luego, se procedió a pesar exactamente las cantidades de cada uno de los ingredientes a emplearse en la formulación final.

### **FORMULACIÓN DE LAS GALLETAS**

Las formulaciones finales se muestran a continuación y se puede observar en el Cuadro 7., las proporciones utilizadas de cada ingrediente en la elaboración de las galletas de trigo y linaza.

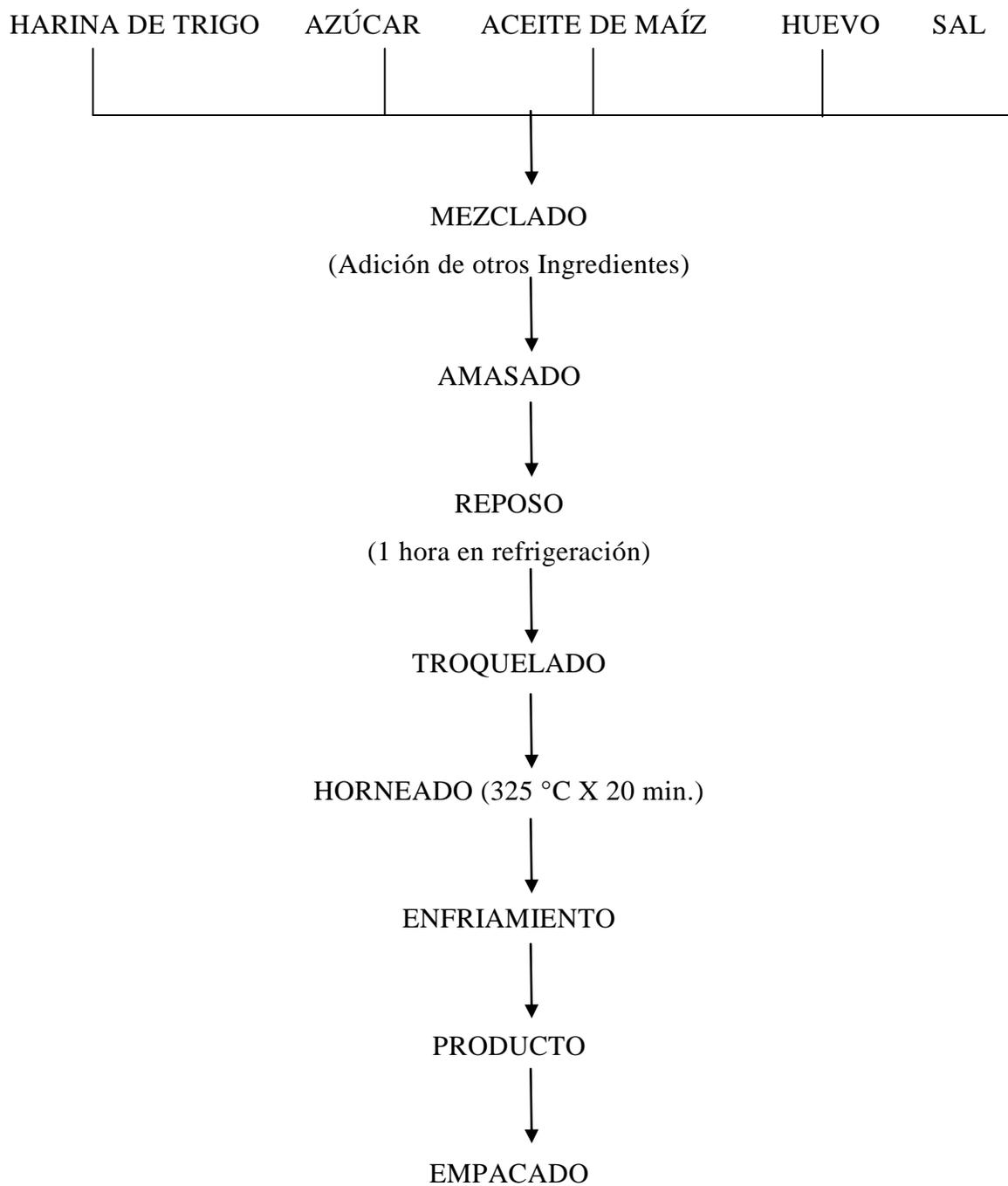
- ✓ Galleta de harina de trigo 97% con 3% linaza.
- ✓ Galleta de harina de trigo 95% con 5% linaza.
- ✓ Galleta de harina de trigo 100%.

**Cuadro 7. Formulación de las galletas de trigo y linaza.**

<b>INGREDIENTES (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
<b>Harina de trigo</b>	41,69	41,23	40,16
<b>Huevo</b>	30,57	28,76	28,28
<b>Aceite de maíz</b>	4,27	4,16	4,09
<b>Azúcar</b>	21,37	20,80	20,45
<b>Ralladura de limón</b>	1,76	1,72	1,69
<b>Linaza (en grano)</b>	–	3	5
<b>Vainilla</b>	0,34	0,33	0,33

HT/L 100:0 Galleta de trigo 100% o patrón  
 HT/L 97:3 Galleta de trigo 97% con linaza 3%  
 HT/L 95:5 Galleta de trigo 95% con linaza 5%

Las galletas sólo se diferenciaron por el agregado de linaza. Se procedió a dejar la masa en reposo por una hora en refrigerador, luego con ayuda de una manga, se puso en bandeja y se horneó por 20 min. a 325 °C en cocina eléctrica marca General Electric; luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y se empacó en bolsas de aluminio(Tetrabreek) para su posterior análisis.



**Figura 9.** Esquema propuesto para la elaboración de galletas.

Pacheco.,(2005); Comunicación personal.

## 4.2.- MÉTODOS

Todas las determinaciones del análisis proximal se realizaron por triplicado, a la materia prima y las galletas elaboradas por la siguiente metodología:

### 4.2.1.- COMPOSICIÓN QUÍMICA:

✓ **Humedad:** Método de desecación en estufa con circulación de aire (AOAC, 1997). Los resultados expresados en porcentaje.

✓ **Cenizas:** Se determinó utilizando el método de incineración al horno (AOAC, 1997). Los resultados expresados en porcentaje.

✓ **Grasa:** se efectuó según el método de Goldfish, recomendado por (AOAC, 1997). Los resultados expresados en porcentaje.

✓ **Proteínas:** Método de Micro Kjeldahl, empleando el reactivo de selenio como catalizador y usando el factor de conversión (6,25) (AOAC, 1997). Los resultados expresados en porcentaje.

✓ **Fibra dietética total:** Según el método de Prosky y col., (1984), citado en el AOAC (1997); en donde se efectuó la hidrólisis del almidón y la proteína en tres etapas consecutivas con la  $\alpha$ -amilasa, pepsina y pancreatina. Se determinó la fibra insoluble y soluble. Los valores fueron corregidos por cenizas y proteínas (N x 6.25). los resultados expresados en porcentaje.

## PROCEDIMIENTO:

- Se pesó 1 g de la muestra dentro de un beaker de 250 mL.
- Se le agregó 50 mL de buffer fosfato a pH 6,0.
- Se añadió 0,10 mL de la enzima  $\alpha$ -amilasa, A3306 (SIGMA), y se mezcló bien.
- Se llevó a baño de maría por 15 min. a 95 °C, se agitó constantemente y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Se ajustó el pH de la solución a  $7,5 \pm 0,2$  añadiendo 10 mL de NaOH 0,275 Mc.
- Inmediatamente, se le agregó 0,1 mL de la enzima Proteasa P3910 (SIGMA), suspendida en buffer fosfato.
- Se volvió a incubar a 60 °C x 30 minutos con agitación continua y al final se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- Se ajustó el pH a  $4,5 \pm 0,2$  adicionando 10 mL de HCl 0,325 Mc.
- Se añadió inmediatamente 0,1 mL de la enzima amiloglucosidasa A9913 (SIGMA).
- Se incuba nuevamente con agitación continua a 60 °C x 30 minutos.
- Se le agregó 70 mL de alcohol al 70% v/v.
- Se dejó en reposo a temperatura ambiente por 24 horas para permitir la precipitación completa de la solución.
- Se filtró, se secaron los papeles de filtro en estufa con circulación de

aire.

➤ Se analizó el residuo de dos muestras y dos blancos para proteínas y cenizas, con el fin de hacer las correcciones pertinentes usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{FDT} = \frac{[\text{PPR} - (\text{PP} + \text{PC}/100) \times \text{PPR}] - \text{Blanco}}{\text{Pm}} \times 100$$

**PPR** = peso promedio del residuo

**PP** = peso promedio de proteínas corregidas

**PC** = peso promedio de cenizas corregidas

**Pm** = peso promedio de la muestra

✓ **Almidón:** Según el método modificado Mc Cready y col. (1950). Los resultados se expresaron en porcentaje.

**4.2.2.-Digestibilidad *in vitro* de almidón:** se determinó utilizando el método descrito por Holm y col.(1986), utilizando la enzima  $\alpha$ -amilasa pancreática porcina (glicemia enzimática AA líquida Wiener lab).

**4.2.3.- Análisis de perfil de ácidos grasos:** Se realizó previamente la metilación de los ácidos grasos según el método propuesto por Salinas y La Rosa (2002); luego se procedió a realizar el análisis de perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases; utilizando un cromatógrafo Varian 3800, programa monómeros cíclicos de ácidos grasos (MCAG), detector de ionización a la llama, columna capilar polar BPX 70, 50m; 0,33 mm  $\theta_i$ ; 0,25 mm espesor, fase móvil: Helio, flujo: 1mL/min., temperatura del inyector y detector de 250 °C, rampa de calentamiento: temperatura inicial de 140 °C por minuto/ programada a 5 °C por min., temperatura final 250 °C.

#### **4.2.4.- ANÁLISIS FÍSICOS**

Se efectuaron los siguientes análisis a las galletas previo al almacenamiento.

**4.2.4.1.- Peso:** Se realizó con una balanza granataria (apreciación  $\pm 1$  g.)

**4.2.4.2.- Dimensiones:** diámetro y espesor utilizando una escuadra, (apreciación  $\pm 1$ mm)

**4.2.4.3.- Textura (Dureza Instrumental):** Se realizó con un texturómetro marca Stable Micro Systems modelo TA-XT 21, usando una cuchilla con filo HDP/BSK de 0,1mm de espesor y una velocidad de penetración de 5 cm/min, se calibró con una pesa de 5000 g.

#### 4.2.4.4.- ANÁLISIS FÍSICOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A

##### TEMPERATURA AMBIENTE:

Las galletas elaboradas fueron empacadas en bolsas tetrabreek y se procedió a almacenarlas a temperatura ambiente aproximadamente 27 °C durante dos meses en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Se efectuaron los siguientes análisis a los 1; 5; 15; 30 y 60 días.

✓ **Humedad:** según el método de desecación en estufa con circulación de aire (AOAC, 1997). Los resultados expresados en porcentaje.

✓ **Color:** se utilizó un colorímetro Hunter Lab **Mod. D-2T A DP-9000**. el cual proporciona los valores L, a y b., siendo L: la luminosidad ó blancura de la muestra, es decir, la reflexión total de la luz, a: mide el matiz e indica la longitud de onda predominante, el valor (-) mide el verde mientras que el valor (+) mide el rojo. El parámetro b: mide la intensidad del color, un valor (-) mide el azul y el valor (+) mide el color amarillo.

✓ **pH:** Se empleó la metodología propuesta por Villavechia (1963). Para dicha determinación, se tomaron 5 g. de galleta molida y luego de agregar 25 mL de etanol al 80% neutralizado, fue colocado en reposo por 12 horas con agitación cada media hora durante las primeras 5 horas para luego tomar 10 mL del líquido sobrenadante y

hacer las respectivas mediciones de pH.

#### **4.4.- EVALUACIÓN SENSORIAL**

Para evidenciar la calidad sensorial de las galletas, se efectuó una prueba de catación al primer día, es decir, el día de la elaboración de las galletas de trigo y linaza, conformado por un panel no entrenado de 25 personas para obtener información del producto con mayor preferencia, suministrándosele una planilla de evaluación sensorial que estuvo conformada por distintas variables de aceptación (olor, color, sabor, preferencia global y textura). Esta prueba se llevó a cabo en la Sala de Evaluación Sensorial del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, U.C.V. Maracay. A los resultados obtenidos se les practicó una prueba no paramétrica: el test de Friedman con el fin de conocer cuales fueron los tratamientos más aceptados en cada una de las propiedades evaluadas, y en los casos que existió diferencia significativa entre las muestras, se procedió a hacer comparaciones múltiples.

5	ME GUSTA MUCHO
4	ME GUSTA POCO
3	ME ES INDIFERENTE
2	NO ME GUSTA
1	ME DESAGRADA MUCHO

#### **4-5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Dadas las condiciones de homogeneidad tanto del sitio como del material experimental a ser estudiado, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (incluyendo al control) y 3 repeticiones.

Los resultados de las determinaciones de las características físicas y químicas de las galletas de trigo y linaza; (tratamientos de 0 %, 3 % y 5 %), fueron sometidas a un análisis de varianza con un nivel de significación del 5% y las medias con diferencias significativas se sometieron a la prueba de medias de Tukey. Se utilizó el estadístico Statistix 2003.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1.1.- Composición Química de la Materia Prima**

En el Cuadro 8, se señala la composición química de la harina de trigo empleada como materia prima en la elaboración de las galletas de trigo y linaza, observándose un porcentaje de proteínas (11,45%) lo cual está relacionado con las exigencias de la calidad de las galletas deseadas (Mikhaylenko y col., 2000).

En relación a la linaza en grano utilizada en la suplementación de la harina de trigo para la elaboración de las galletas de trigo y linaza, el Cuadro 9., reporta su composición química, observándose, que la linaza es fuente de proteína (21%), fibra dietética (28%) y principalmente grasa (41%). Según Vaisey y Morris., (1997), asegura que el contenido de grasa en la linaza está constituido en su mayor parte por ácido alfa linolenico (AAL) en proporción del 57%, un ácido graso del omega 3, éste reconocido actualmente como ácido graso esencial en la dieta, por los beneficios generados a la salud, lo que le confiere un buen balance nutricional (Vaisey y Morris., 1997); resultados similares fueron encontrados por Guerrero, (1999), con altos valores de los nutrientes mencionados anteriormente, siendo la grasa uno de los componentes más importantes por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

**Cuadro 8. Composición química de la harina de trigo.**

<b>COMPONENTE (%)</b>	<b>Harina de Trigo</b>
Humedad	12,38 ± 0,11
Proteína Cruda	11,45 ± 0,71
Grasa Cruda	1,66 ± 0,64
Ceniza	0,53 ± 0,11
Carbohidratos	73,98 ± 0,26

Los resultados expresados en base húmeda

**Cuadro 9. Composición química de la linaza.**

<b>COMPONENTE (%)</b>	<b>Linaza</b>
Humedad	$6 \pm 0,04$
Proteína	$21 \pm 0,02$
Grasa	$41 \pm 0,15$
Ceniza	$4 \pm 0,08$
Fibra Dietética	$28 \pm 0,12$

Los resultados expresados en base seca

### **5.1.2.- Composición Química de las Galletas de Trigo y Linaza**

El Cuadro 10, muestra la composición química proximal de las galletas de trigo y linaza expresadas en base seca a excepción de la humedad ; se observa que existe un comportamiento similar entre las galletas elaboradas, ya que a medida que el contenido de linaza en grano es mayor, se intensifica el contenido de ceniza, proteína y grasa, mejorando así el valor nutritivo de las galletas elaboradas.

En lo que respecta al contenido de humedad se observa en el Cuadro 10, que este parámetro en las galletas de trigo y linaza es bastante desigual, apreciándose que es el tratamiento HT/L 100:0 el cual presenta mayor humedad, mientras que a medida que se aumenta el nivel de sustitución de la harina de trigo por linaza en grano es menor. Por medio del análisis de varianza realizado se encontró diferencias estadísticamente significativas entre cada una de las formulaciones, debido a esto se efectuó la prueba de Tukey a las medias de la variable humedad de las galletas de trigo y linaza, la cual arrojó estadísticamente tres grupos en el siguiente orden: grupo (a) conformado por las galletas HT/L 100:0 con el mayor contenido de humedad (18,52%), grupo (b) formado por las galletas HT/L 97:3 con un contenido intermedio de humedad (14,97%) y un grupo (c) constituido por las galletas HT/L 95:5 con el más bajo contenido de humedad (14,27%). Similares a los resultados encontrados (Cori y col. 2004), cuando elaboraron galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol y observaron que la formulación T = 0% HG (Galletas

**Cuadro 10. Composición química de las galletas de trigo y linaza.**

<b>Parámetros (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
Humedad	18,52 ± 0,07 <sup>a</sup>	14,97 ± 0,02 <sup>b</sup>	14,27 ± 0,25 <sup>c</sup>
Ceniza *	1,22 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,39 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,45 ± 0,04 <sup>a</sup>
Proteína *	13,38 ± 0,13 <sup>c</sup>	14,37 ± 0,11 <sup>b</sup>	14,82 ± 0,27 <sup>a</sup>
Grasa *	9,51 ± 0,34 <sup>b</sup>	10,31 ± 0,10 <sup>a,b</sup>	10,88 ± 0,07 <sup>a</sup>
Carbohidrato * <sup>1</sup>	74,71 ± 0,61 <sup>a</sup>	74,11 ± 0,28 <sup>a</sup>	72,41 ± 0,15 <sup>b</sup>

\* Base Seca.

<sup>1</sup> Carbohidrato por diferencia.

HT/L 100:0 Galleta de trigo 100% o patrón

HT/L 97:3 Galleta de trigo 97% con linaza 3%

HT/L 95:5 Galleta de trigo 95% con linaza 5%

Nota: Los tratamientos con iguales letras, en una misma fila indican que entre ellos no existen diferencias significativas, para un nivel de significación de 0,05.

sin suplementación de harina desgrasada de girasol o control) presentó el mayor contenido de humedad (1,8%) y las galletas T3 = 3% de HG, (mayor grado de sustitución de harina de trigo por harina desgrasada de girasol) el menor valor (1,15%). En cuanto al comportamiento del contenido de humedad, este se vio afectado en gran medida a la adición de ralladura de limón, la cual es altamente higroscópica, y la adición de linaza en grano a niveles de 3 y 5% en las galletas presenta menor capacidad de retención de agua por encontrarse entera, aunado a esto la humedad ambiental antes del empacado de las galletas es otro factor que pudo haber influenciado en los valores obtenidos. Aseguran León y col., (1998), que la presencia de proteínas y otros ingredientes usados para la elaboración de las galletas puede disminuir la cantidad de humedad.

Referente al contenido de ceniza el análisis de varianza detectó diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%, entre cada uno de los tratamientos bajo estudio lo cual se observa en el Cuadro 10, luego se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey que indicó que la formulación HT/L 95:5 presentó el mayor contenido de cenizas (1,45%), HT/L 97:3 con valores de 1,39%, formando ambas muestras el grupo (a) y la galleta HT/L 100:0 (control) presentó el valor más bajo de cenizas (1,22%) conformando el grupo (b); lo que nos indica que el enriquecimiento de las galletas con linaza mejora el contenido de cenizas, por lo que el aporte de minerales es mayor, debido a que la misma es excelente origen de minerales como calcio, fósforo, potasio, magnesio entre otros

(Vaisey y Morris, 1997). Estos resultados al compararlos con otras galletas elaboradas a base de trigo y otros componentes dietéticos presentan el mismo comportamiento obtenido por Maldonado y Pacheco, (2000), cuando elaboraron galletas con una mezcla de harina de trigo y plátano verde encontrando que las galletas con 92% de harina de trigo y 7% de harina de plátano verde, obtuvieron el mayor contenido de cenizas (3,35 g/100g) mientras que aquellas con 100% harina de trigo contenía menos cenizas (0,53g/100g); comportamiento similar obtuvieron Romero y col., (2004), cuando enriquecieron galletas con cascarilla de orujo de uva y encontraron que la formulación con el mayor contenido de cascarilla de orujo de uva presentó el más elevado valor de cenizas (2,35%) y aquellas sin sustitución de cascarilla de orujo de uva arrojaron el menor contenido de cenizas (1,38%).

Para el caso de las proteínas el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las formulaciones estudiadas, por lo que se procedió a realizar una prueba de media de Tukey que generó tres grupos homogéneos, tal como se muestra en el Cuadro 10. Las galletas HT/L 95:5 presentaron el mayor contenido de proteínas (14,82%) pertenecientes al grupo (a), el grupo (b) conformado por las galletas HT/L 97:3 con valor intermedio de (14,37%) y el grupo (c) por la galleta HT/L 100:0 con el menor valor de proteína (13,38%), lo que permite inferir que la suplementación de la harina de trigo con linaza para la elaboración de la galletas mejora el contenido proteico; este incremento se debe a que la misma posee 21% de proteínas (Vaisey y Morris, 1997); resultados muy parecidos fueron los obtenidos por

Cori y col., (2004), cuando elaboraron galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol y observaron que la formulación T3 = 3% HG (mayor grado de sustitución de la harina de trigo por harina desgrasada de girasol) presentó el mayor contenido de proteínas (9,35%), mientras que la galleta TO = 0% HG (control) reportó el valor más bajo (8,22%), comportamiento muy parecido al obtenido por Mc Watters y col., (2003), al suplementar galletas azucaradas a base de trigo fonio y cowpea quienes observaron un aumento en el contenido proteico en las galletas 50% harina de trigo y 50% cowpea de (17,92%), mientras que la galleta 100% harina de trigo presentó el menor valor de proteína (9,99%).

En cuanto al contenido de grasa se observa en el Cuadro 10, que es la formulación HT/L 95:5, la que presenta mayor contenido de grasa (10,88%), seguida por la formulación HT/L 97:3 con (10, 31%) y por último se encontró el control HT/L 100:0 (9,51%), el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las formulaciones estudiadas, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey que permitió conocer que el tratamiento HT/L 95:5 pertenece al grupo (a), el HT/L 100:0 al grupo (b) y la formulación HT/L 97:3 es estadísticamente igual al HT/L 95:5 y al grupo HT/L 100:0. Estos resultados indican que mientras mayor es el grado de sustitución con linaza mayor es el contenido de grasa, lo cual podría deberse a que según Wilkinson y col., (2005), la linaza es rica en grasa de excelente calidad, se encuentra en cantidades de 41% aproximadamente, en su mayor parte de ácidos grasos poliinsaturados siendo el principal el ácido alfa linolenico que se

encuentra en una proporción del 57% de la composición de ácidos grasos de la linaza. Aseguran Fernández y col., (1999), que el ácido alfa linolenico es muy reconocido por sus efectos en los distintos sistemas y tejidos del organismo.

Con relación al contenido de carbohidratos se observa en el Cuadro 10, que este parámetro en todas las formulaciones tiende a disminuir a medida que el nivel de sustitución de la harina de trigo por linaza es mayor; por medio de la prueba de media de Tukey aplicadas a las medias de la variable carbohidratos de las galletas de trigo y linaza se formaron estadísticamente 2 grupos en el siguiente orden: el grupo (a) conformado por las galletas HT/L 100:0 con el mayor contenido de carbohidratos (74,71%) y HT/L 97:3 con (74,11%) y un grupo (b) formado por la galleta HT/L 95:5 con el más bajo contenido de carbohidratos (72,41%). Esto es lógico, si se toma en cuenta que la linaza contiene una baja cantidad de carbohidratos (Cuadro 9), mientras que la harina de trigo la cual es el principal componente en todos los tratamientos compensa este hecho dado al gran porcentaje de carbohidratos que presenta.

Con respecto al contenido de fibra dietética total (soluble + insoluble) presente en las galletas de trigo y linaza, el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de fibra dietética total en las tres formulaciones, observándose una tendencia a incrementar significativamente la fibra a medida que se aumenta el nivel de suplementación con linaza tal como se observa

en el Cuadro 11, al realizar la prueba de media de Tukey las galletas se clasificaron en tres grupos: (a) formado por la formulación con un 5% de linaza (10,11%), el (b) representado por la galleta con 3% de suplementación (7,86%) y por último un grupo (c) en el que se ubica la galleta 100% trigo usada como control (6,48%). Este comportamiento es originado porque la linaza es excelente fuente de fibra dietética (28%) constituido por fibra soluble y fibra insoluble, las cuales se encuentra en una proporción entre 20:80 y 40:60 dependiendo del origen, (Warrant y col., 2005). Lo que genera beneficios ya que la fibra insoluble es muy efectiva en aumentar el volumen fecal debido a que pasa intacta a través del tracto gastrointestinal y contribuye a la formación de heces voluminosas, además de disminuir el tránsito intestinal, mientras que la fibra soluble se la relaciona con su acción sobre el metabolismo de carbohidratos y lípidos ejerciendo un efecto hipocolesterolémico, generando un retardo en la absorción de la glucosa (Pak, 2000; Penna y col., 2003).

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Romero y col., (2004), que suplementaron galletas con cascarilla de orujo de uva; conforme aumentaban el nivel de sustitución en las mismas, el contenido de fibra dietética mostró una tendencia al incremento de manera significativa, obteniéndose un 6,38% en galletas con 5% de cascarilla de orujo de uva y para las galletas con 7,5% y 10% de suplementación un 7,09% y 9,78% respectivamente. A su vez, Pacheco y col, (1994) elaboraron galletas de soda enriquecidas con fibra dietética de harina

**Cuadro 11. Contenido de fibra dietética total y almidón en galletas de trigo y linaza**

<b>Parámetros (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
Fibra Dietética Total *	6,48 $\pm$ 0,15 <sup>c</sup>	7,86 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	10,11 $\pm$ 0,44 <sup>a</sup>
Almidón *	56,94 $\pm$ 2,39 <sup>a</sup>	46,08 $\pm$ 2,26 <sup>b</sup>	41,24 $\pm$ 1,73 <sup>b</sup>

\* Base Seca.

HT/L 100:0 Galleta de trigo 100% o patrón.

HT/L 97:3 Galleta de trigo 97% con linaza 3%

HT/L 95:5 Galleta de trigo 95% con linaza 5%

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05.

desgrasada de palma, observando un aumento considerable de la fibra dietética mostrando una tendencia directamente proporcional a medida que aumenta el nivel de sustitución de 3 a 6 %. Cori y col., (2004), elaboraron galletas dulces tipo oblea enriquecidas con fibra dietética de harina desgrasada de girasol, encontrando que a medida que se incrementa el nivel de sustitución de 0 a 3 % se produce un aumento del contenido de fibra dietética de 3,78 a 3,95 %. Rebolledo y col., (1999), suplementaron galletas con germen de maíz y fibra de soya, obteniendo que las galletas con 20 % de harina de germen de maíz y 10 % de fibra de soya mostraron un incremento de fibra dietética de 24,9 % mientras que las galletas sin suplementación arrojaron valores de 8,2 %. Del mismo modo Maldonado y Pacheco, (2000) elaboraron galletas de harina de trigo enriquecidas con 7 % de harina de plátano verde deshidratada, obteniendo un aumento en el contenido de fibra dietética de 4,97% a 5,40 %.

En lo que concierne al almidón, las galletas con el menor contenido de linaza arrojaron los más altos valores de almidón, y lo contrario ocurrió cuando el contenido de linaza se incrementó, ya que el almidón disminuyó significativamente mostrando una tendencia inversamente proporcional, el Cuadro 11, muestran tal comportamiento, los resultados de la prueba de medias de Tukey clasificaron las formulaciones en dos grupos, el primero representado por el control HT/L 100:0 (56,94%) con el mayor contenido de almidón, el segundo corresponde a los

tratamientos HT/L 97:3 (46,08%) y HT/L 95:5 con el más bajo valor (41,24%). Según Sasaki, y col., (2002), el mayor constituyente del trigo es el almidón en concentraciones bastante altas representando hasta un 80% de su peso total por tal razón el mayor porcentaje de almidón se encuentra en la galleta HT/L 100:0 (control). Esto se debió al incremento de la sustitución que hizo que el contenido de almidón disminuyera (Maldonado y Pacheco, 2000).

Estos resultados al compararlos con otros productos elaborados a base de trigo y otros componentes dietarios presentan un comportamiento muy similar al obtenido por Pacheco y col., (2005), cuando suplementaron pizzas con salvado de arroz a niveles de 10,5 y 0% encontrando que la formulación HT:SA 100:0 (control) presentó el mayor contenido de Almidón (63,70%) y la formulación HT:SA 90:10 presentó el valor más bajo (59,29%).

## **5.2.- ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA ANTES DEL ALMACENAMIENTO**

**5.2.1.-** Las galletas de trigo y linaza fueron sometidas a varios análisis físicos previos al almacenamiento como: peso, espesor y diámetro.

En lo que respecta al peso, se observa en el Cuadro 12, que este parámetro en todas la formulaciones tiende aumentar a medida que el nivel de sustitución de la

**Cuadro 12. Propiedades físicas de las galletas de trigo y linaza peso, espesor y diámetro.**

<b>Parámetros (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
Peso (g)	17,40 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	18,87 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>	19,47 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Espesor (cm.)	1,00 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	1,02 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	1,08 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Diámetro (cm.)	5,60 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	5,57 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	5,58 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>

HT/L 100:0 Galleta de harina de trigo 100% o patrón.

HT/L 97:3 Galleta de harina de trigo 97% con linaza 3%

HT/L 95:5 Galleta de harina de trigo 95% con linaza 5%

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05.

harina de trigo por linaza en grano es mayor; por medio de la prueba de medias de Tukey, se detectaron estadísticamente dos grupos en el siguiente orden: el grupo (a) conformado por las galletas HT/L 95:5 con el mayor peso (19,47gr.) y las galletas HT/L 97:3 con (18,87gr.) y un grupo (b) formado por la galleta HT/L 100:0 con el más bajo valor de peso (17,40gr.). Esto se corresponde al uso de linaza en grano como materia prima en la elaboración de las galletas HT/L 97:3 y HT/L 95:5, ya que no fueron distribuidas de manera uniforme en cada una de las galletas, lo que permitió que se generaran diferencias entre peso en las muestras analizadas.

En relación al espesor y al diámetro de las galletas de trigo y linaza, programadas para ser de 1 cm. y 5 cm. respectivamente, el análisis de varianza arrojó que no existen diferencias significativas entre las tres formulaciones realizadas tal como lo muestra el Cuadro 12, por lo que se puede concluir que los valores obtenidos no reflejan tendencia a aumentar el espesor y diámetro de la galleta con sustitución de linaza. Similares hallazgos encontraron Sharma y Chauhan, (2002), cuando suplementaron galletas con salvado de arroz y fenugreek (alholva), encontraron que la galleta control presentó un espesor de 1,12 cm. y en las galletas suplementadas con 5, 10, 15 y 20% éste varió de 1,14 cm. a 1,17 cm., del mismo modo el diámetro para la galleta control era de 7,4 cm. y en las galletas suplementadas con distintos niveles de salvado de arroz y fenugreek osciló de 7,44 a 7,48 cm.

### **5.2.2.- TEXTURA EN LAS GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA**

En el cuadro 13, se reportan los valores de textura (dureza instrumental) de las galletas de trigo y linaza expresada en Kgf de penetración. La textura fue medida el día de la elaboración de las galletas, con el fin de medir el efecto de la sustitución en la calidad de las galletas. El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia de 5%, en cada uno de los tratamientos bajo estudio.

En el cuadro 13, se observa que la galleta con 5% de linaza presentó los mayores valores de dureza, seguida por aquella con un 3% de suplementación y finalmente se encontró la control; este comportamiento guarda relación con la adición de linaza en grano por lo cual las galletas con sustitución fueron más firmes debido que la adición de fibra puede alterar la textura de las galletas, afirman Carson y Sun, (2001) que la textura varía de acuerdo al tipo de suplemento usado en la harina de trigo; igualmente Romero y col., (2004), afirman que la textura está relacionada con la adición de fibra especialmente gomas y pectinas las cuales controlan los efectos texturales

**Cuadro 13. Comportamiento de la Textura (Dureza Instrumental) en Galletas de Trigo y Linaza.**

<b>Parámetros (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
Dureza (Kgf)	5,16± 1,02 <sup>a</sup>	5,36± 0,92 <sup>a</sup>	5,51± 1,00 <sup>a</sup>

HT/L 100:0 Galleta de harina de trigo 100% o patrón.  
 HT/L 97:3 Galleta de harina de trigo 97% con 3% linaza  
 HT/L 95:5 Galleta de harina de trigo 95% con 5% linaza

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de (P < 0,05).

Resultados muy similares fueron encontrados por Mc Watters y col., (2003), al suplementar galletas azucaradas a base de trigo, fonio y cowpea, donde las galletas suplementadas 50% cowpea eran más duras (64,68 Kgf) con respecto a la galleta control (100% trigo) con 57,94 Kgf, comportamiento muy similar al que obtuvieron Penna y col., (2003), cuando enriquecieron biscochuelos con fibra dietética y encontraron que el biscochuelo con fibra presentó más dureza que el elaborado sin fibra.

### **5.3.- PRUEBAS DE ESTABILIDAD EN LAS GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA ALMACENADAS A TEMPERATURA AMBIENTE.**

Los análisis físicos a los 60 días no se efectuaron, debido que las galletas presentaron hongos posiblemente debido a que no fueron selladas al vacío.

**5.3.1.-** Estudio de humedad en las galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente.

En el Cuadro 14, están señalados los valores de humedad (en %) de las galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente por un mes, en el cual se refleja el comportamiento de la humedad durante el tiempo de estudio mencionado, siendo análogo en todas las formulaciones. En relación a

**Cuadro 14. Comportamiento de la humedad durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, de las galletas de trigo y linaza.**

Tratamiento / Días	HUMEDAD (g/100g)			
	1	5	15	30
<b>HT/L 100:0</b>	18,52± 0,17 <sup>c</sup>	18,97± 0,02 <sup>b</sup>	19,20± 0,07 <sup>ab</sup>	19,47± 0,03 <sup>a</sup>
<b>HT/L 97:3</b>	14,97± 0,03 <sup>c</sup>	15,07± 0,03 <sup>c</sup>	15,47± 0,02 <sup>b</sup>	15,96± 0,02 <sup>a</sup>
<b>HT/L 95:5</b>	14,27± 0,25 <sup>b</sup>	14,83± 0,20 <sup>ab</sup>	15,01± 0,01 <sup>a</sup>	15,22± 0,07 <sup>a</sup>

HT/L 100:0      Galleta de harina de trigo 100% o control.  
 HT/L 97:3      Galleta de harina de trigo 97% con 3% linaza  
 HT/L 95:5      Galleta de harina de trigo 95% con 5% linaza

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila horizontal indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de (P < 0,05).

la variable tiempo se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las formulaciones evaluadas. Por medio de la prueba de Tukey aplicadas a las medias de la variable humedad, se formaron estadísticamente cuatro grupos en la formulación empleada como control, el (a) conformado por el día 30, éste con el valor más alto de humedad (19,47%), el grupo (ab) formado por el día 15 con (18,97%) valor de humedad similar al día 30, el (b) constituido por el día 5 con (18,97%) y un grupo (c) con el valor más bajo de humedad (18,52%) correspondiente al día 1, observándose un incremento de la variable humedad a medida que transcurre el tiempo de estudio. Las formulaciones HT/L 97:3 y HT/L 95:5 presentaron el mismo comportamiento aumentando el contenido de humedad de (14,97%) a (15,96%) y de (14,27%) a (15,22%) respectivamente a medida que se incrementó el tiempo. Este comportamiento es atribuido a la habilidad que poseen las galletas de absorber humedad del medio externo y al tipo de empaque (Tetrabreek) y sellado (sin vacío) empleado.

### **5.3.2.- Estudio de pH en galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente.**

En el Cuadro 15, se observa el comportamiento del pH en las galletas de trigo y linaza durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, el análisis de varianza no encontró diferencias significativas a medida que transcurrió el tiempo de estudio, por lo que se puede decir que el pH de cada tratamiento por tipo de galleta

**Cuadro 15. Comportamiento del pH durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente, de las galletas de trigo y linaza.**

Tratamiento / Días	pH			
	1	5	15	30
<b>HT/L 100:0</b>	6,60± 0,01 <sup>a</sup>	6,57± 0,02 <sup>a</sup>	6,52± 0,04 <sup>a</sup>	6,54 ±0,01 <sup>a</sup>
<b>HT/L 97:3</b>	6,60± 0,01 <sup>a</sup>	6,58± 0,02 <sup>a</sup>	6,53± 0,03 <sup>a</sup>	6,49 ±0,06 <sup>a</sup>
<b>HT/L 95:5</b>	6,60± 0,07 <sup>a</sup>	6,60± 0,03 <sup>a</sup>	6,55± 0,07 <sup>a</sup>	6,47 ±0,06 <sup>a</sup>

HT/L 100:0 Galleta de harina de trigo 100% o control.  
 HT/L 97:3 Galleta de harina de trigo 97% con 3% linaza  
 HT/L 95:5 Galleta de harina de trigo 95% con 5% linaza

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila horizontal indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05.

Este comportamiento durante el período establecido de estudio, es similar al encontrado por Maldonado y Pacheco (2000), cuando elaboraron galletas a base de harina de plátano verde deshidratada, señalando que a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento (un mes), el pH en los diferentes tipos de galletas, no presentó variaciones, lo cual permitió , concluir que la estabilidad de las galletas no se afectó durante el período de estudio. Penna y col., (2003), ratificaron que a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento los biscochuelos enriquecidos con fibra dietética, presentaron variaciones de pH mínimas, por lo cual los autores infirieron que los ingredientes alternativos usados así como el envase elegido, cumplieron adecuadamente su función.

### **5.3.3.- Estudio de color en galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente.**

En el cuadro 16, se observan las mediciones de color obtenido en las galletas de trigo y linaza almacenadas a temperatura ambiente por 30 días. Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos, el análisis de varianza detectó diferencias significativas al 5% entre cada uno de los tratamientos obtenidos en relación a los parámetros de  $L$ ,  $a$  y  $b$ .

**Cuadro 16. Comportamiento del color durante 30 días e almacenamiento a temperatura ambiente, de las galletas de trigo y linaza.**

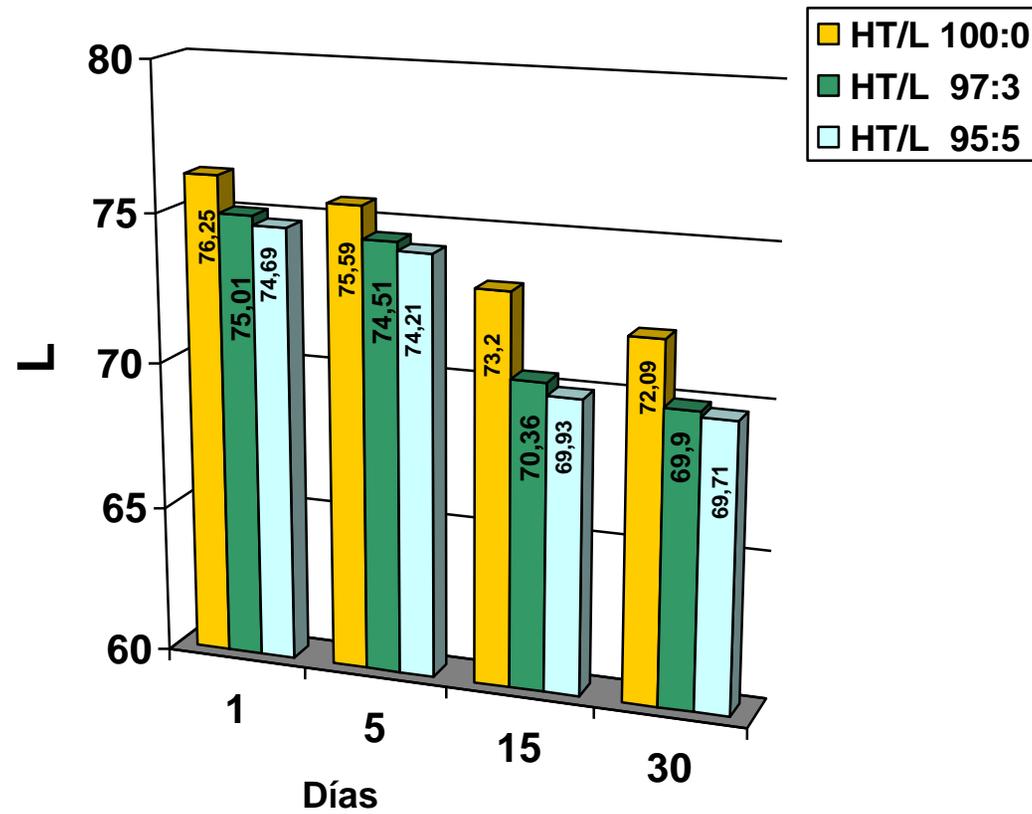
Tratamiento / Parámetro	TIEMPO (DÍAS)											
	1			5			15			30		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
<b>HT/L 100:0</b>	76,25±	2,80±	19,08±	75,59±	2,62±	19,00±	73,20±	1,15±	18,05±	72,09±	1,02±	17,95±
	0,03 a	0,07 a	0,77 a	0,41 a	0,02 a	0,14 a	0,07 b	0,06 a	0,28 a	0,06 c	0,07 b	0,21a
<b>HT/L 97:3</b>	75,01±	2,42±	18,22±	74,51±	2,33±	18,18±	70,36±	1,02±	17,23±	69,90±	0,94±	17,02±
	0,01 a	0,03 a	0,03 a	0,65 a	0,09 a	0,01 a	0,65 b	0,15 a	0,24 b	0,07 b	0,01 b	0,02 b
<b>HT/L 95:5</b>	74,69±	2,29±	18,20±	74,21±	2,29±	17,58±	69,93±	0,83±	16,55±	69,71±	0,55±	16,59±
	0,28 a	0,03 a	0,03 a	1,01 a	0,16 a	0,34 ab	0,33 b	0,04 b	0,26 b	0,01 b	0,14 b	0,26 b

HT/L 100:0      Galleta de harina de trigo 100% o control.  
 HT/L 97:3      Galleta de harina de trigo 97% con 3% linaza  
 HT/L 95:5      Galleta de harina de trigo 95% con 5% linaza

Nota: Tratamientos con iguales letras en una misma fila horizontal indican que entre ellos no existe diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05.

En la Figura 10, se refleja el comportamiento del parámetro Luminosidad ( $L$ ), durante el tiempo de estudio mencionado, se observa que a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento éste disminuye en todas las muestras. La formulación HT/L 100:0 inicialmente presentó 76,25 y a los 30 días fue de 72,09, en la galleta HT/L 97:3 la disminución del parámetro  $L$  fue de 75,01 a 69,90 y aquella con 5% de sustitución varió de 74,69 a 69,71. Al realizar la prueba de medias de Tukey se formaron estadísticamente tres grupos, en la formulación empleada como control, el (a) conformado por el día 1 y 15, el grupo (b) formado por el día 15, y un grupo (C) correspondiente al día 30, observándose un descenso del parámetro  $L$  a medida que transcurre el tiempo de estudio. Las formulaciones HT/L 97:3 y HT/L 95:5 presentaron el mismo comportamiento, se generaron dos grupos al realizar la prueba de medias de Tukey, el grupo (a) conformado por los días 1 y 5, el grupo (b) constituido por los días 15 y 30. Esto indica que la galleta control presentó un mayor grado de blancura en el tiempo de almacenamiento que las sustituidas con 3% y 5% linaza. Este comportamiento es bastante lógico, ya que la formulación HT/L 100:0 no contiene linaza en grano. Se considera que las galletas son claras dado a que los valores de  $L$ , en todas las formulaciones es superior a 50, estos resultados guardan relación con la adición de fibra en la formulación de las galletas, ya que produce un pardeamiento considerable en el producto terminado.

Similares hallazgos encontró Mc Watters y col., (2003), cuando sustituyeron la harina de trigo por fonio y garbanzo en la elaboración de galletas y en la medida que se incrementaba el nivel de sustitución  $L$  disminuía. Cori y col., (2004),



**Figura 10. Comportamiento del parámetro “L” (Luminosidad) en galletas de trigo y linaza durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente.**

suplementaron galletas con harina de girasol desgrasada, obtuvieron que las galletas con 1% de harina de girasol es más luminosa que el resto de los tratamientos atribuyéndose esto a su composición. Sáenz y col., (2002), elaboraron un polvo para flan usando nopal (tuna) como fuente de fibra dietética y obtuvieron una disminución de  $L$  de 65,5 aproximadamente.

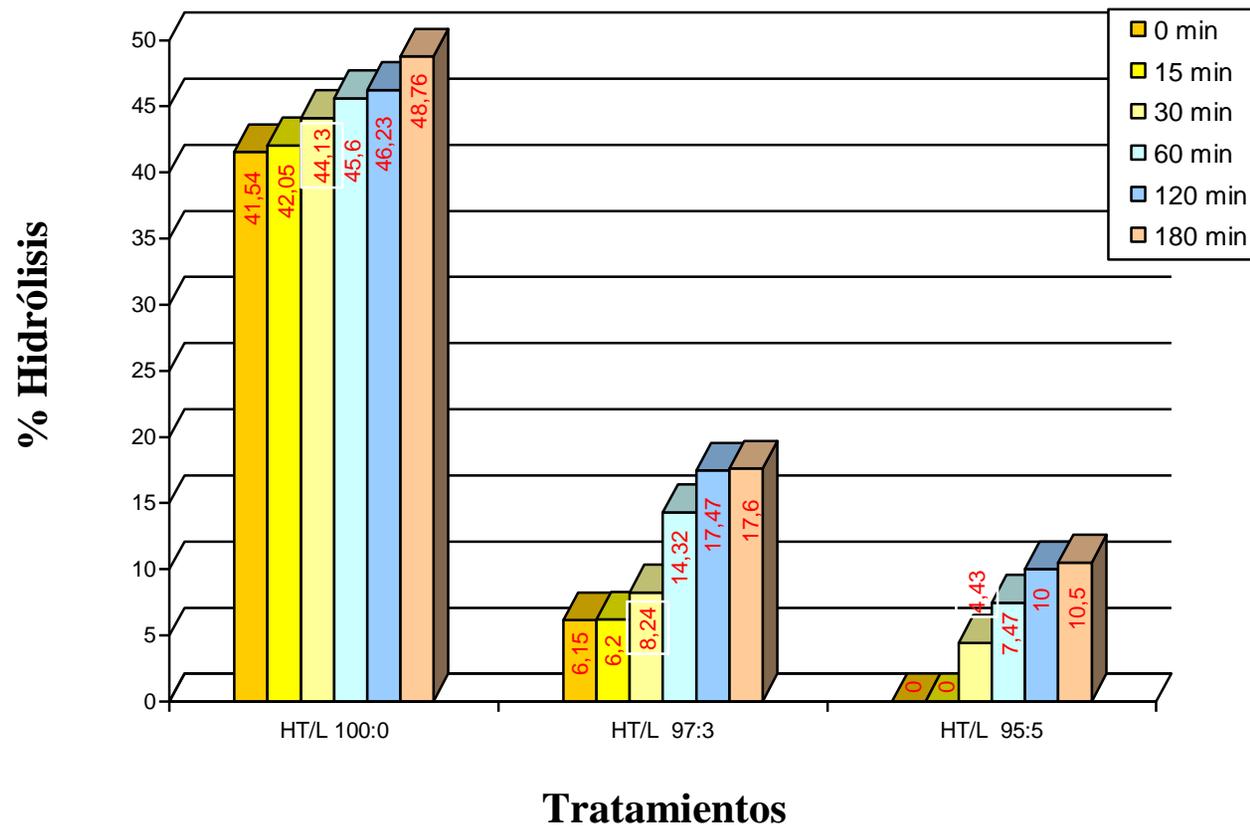
En cuanto al parámetro  $a$ , se observa en el Cuadro 16, que en todas las formulaciones se presentan valores positivos reflejando un comportamiento decreciente a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento, esto indica que las galletas de trigo y linaza siguen una tendencia hacia el rojo. Al realizar el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas, hecho que lo confirma la prueba de media de Tukey, al agrupar las formulaciones en dos grupos donde se evidencia que la galleta control tiende más hacia el rojo, en comparación con las galletas suplementadas con 3% y 5% de linaza en grano presentando los menores valores, lo cual indica que tienden menos hacia el rojo.

En lo que respecta al parámetro  $b$ , al realizar el análisis de varianza, este arrojo que existen diferencias significativas, se observa que todos los tratamientos se encuentran en una escala positiva, la cual disminuye a medida que transcurre el tiempo de estudio mencionado, siendo la galleta HT/L 100:0 la que tiende más hacia el amarillo por reflejar el mayor valor, mientras que las formulaciones HT/L 97:3 y HT/L 95:5 son menos amarillas por presentar valores de  $b$  menores.

## **5.4.- Digestibilidad *in vitro* del almidón en galletas de trigo y linaza.**

En la Figura 11, se muestra el comportamiento de la digestibilidad *in vitro* del almidón en galletas de trigo y linaza previamente molidas, observándose que a medida que se incrementó la sustitución de linaza en grano en las galletas a niveles de 3% y 5%, la digestibilidad del almidón disminuyó. La gráfica muestra que la galleta suplementada con 3% linaza presentó a los 15 minutos un porcentaje máximo de hidrólisis de 6,15%, a los 60 minutos un porcentaje de 14,32% y a los 180 minutos alcanzó 17,60%, mientras que la galleta HT/L 95:5 arrojó un porcentaje de hidrólisis más bajo, a los 15 minutos 0%, 60 minutos 7,47% y 180 minutos 10,50%, resultado contrario se observó en la galleta 100% harina de trigo, la cual obtuvo los porcentajes más altos de digestibilidad del almidón 48,76%.

En lo que respecta al comportamiento presentado por las galletas suplementadas con 3% y 5% de linaza podría estar causado por tres factores; el primero atribuirle a que las galletas fueron parcialmente homogenizadas, el segundo factor está relacionado con el impedimento estérico de la fibra que obstaculiza el acceso de la amilasa pancreática porcina al almidón (Pacheco y col., 1997) y por último esta resistencia a la degradación podría estar asociada a la cantidad de lípidos



**Figura 11. Digestibilidad *in vitro* del almidón de galletas de trigo y linaza.**

y proteínas las cuales pueden formar complejos almidón – lípidos y/o almidón-proteínas durante la cocción, fenómeno que disminuye la susceptibilidad del almidón al ataque enzimático (Osorio y col., 2003). De forma general, la digestibilidad *in vitro* del almidón depende de la fuente botánica, del procesamiento de los alimentos y del almacenamiento, además la integridad de la célula vegetal hace más lenta la digestión del almidón, debido a que es una barrera física a la gelatinización, disminuyendo la sensibilidad a la hidrólisis enzimática (Mendy y col., 2003; Araya, 2003). Los alimentos que contienen altos niveles de fibra dietética, ofrecen una pared celular durante la cocción, esto conlleva a una menor digestibilidad del almidón (Osorio y col., 2003).

Bello y col., (2004), en su estudio sobre la digestibilidad *in vitro* del almidón de plátano en galletas al compararla con el almidón de maíz, observaron que las galletas de almidón de plátano eran más resistentes que el almidón de maíz, a las amilasas pancreáticas, es decir a la reacción de  $\alpha$ -amilolisis.

### **5.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GALLETAS DE TRIGO Y LINAZA.**

En el Cuadro 17, se encuentran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada a las tres formulaciones. Al efectuar la prueba no paramétrica de Friedman, se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas en

**Cuadro 17. Evaluación sensorial de las galletas de trigo y linaza.**

<b>MUESTRAS</b>			
<b>ATRIBUTO</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
<b>COLOR</b>	4,68 ± 0,85 a	4,84 ± 0,37 a	4,64 ± 0,48 a
<b>OLOR</b>	4,76 ± 0,83 a	4,84 ± 0,37 a	4,76 ± 0,43 a
<b>SABOR</b>	4,56 ± 0,76 a	4,59 ± 0,50 a	4,52 ± 0,50 a
<b>TEXTURA</b>	4,80 ± 0,40 a	4,60 ± 0,50 ab	4,24 ± 0,72 b
<b>PREFERENCIA GLOBAL</b>	4,72 ± 0,45 a	4,76 ± 0,43 a	4,68 ± 0,47 a

cuanto a color, olor, sabor y preferencia global, lo que significa que tanto las galletas de harina de trigo o control, como las suplementadas con linaza a niveles de 3% y 5 % fueron igualmente preferidas por los catadores.

Con respecto a la textura en el Cuadro 17, se observa que existen diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas luego de aplicar la prueba de Friedman. Basadas en la comparación de medias se puede afirmar que la galleta 100% harina de trigo (HT/L 100:0) fue la más preferida de todas, seguida de la galleta suplementada con 3% linaza y por último la galleta 95% harina de trigo, con 5% linaza. Estos resultados se deben probablemente a la adición de linaza en grano que forma parte de las galletas como materia prima que proporciona fibra dietética en diferentes proporciones. Los mucílago y pectinas controlan los efectos texturales de las galletas, ya que mientras mayor sea el porcentaje de sustitución del componente en la formulación, paralelamente se incrementará en cierta medida el contenido de fibra y por ende también la textura, evidenciándose que pequeños cambios efectuados en las formulaciones tuvieron la capacidad de afectar levemente el grado de aceptación del producto final por parte del panelista. Resultados similares fueron encontrados por Romero y col., (2004), los cuales observaron que a medida que se incrementó el porcentaje de suplementación de cascarilla de orujo de uva en la elaboración de galleta, se produjo un aumento del contenido de fibra dietética y cambios significativos en la textura de las galletas, los cuales afectaron la aceptación de las galletas. De igual manera Maldonado y Pacheco, (2000), con el propósito de

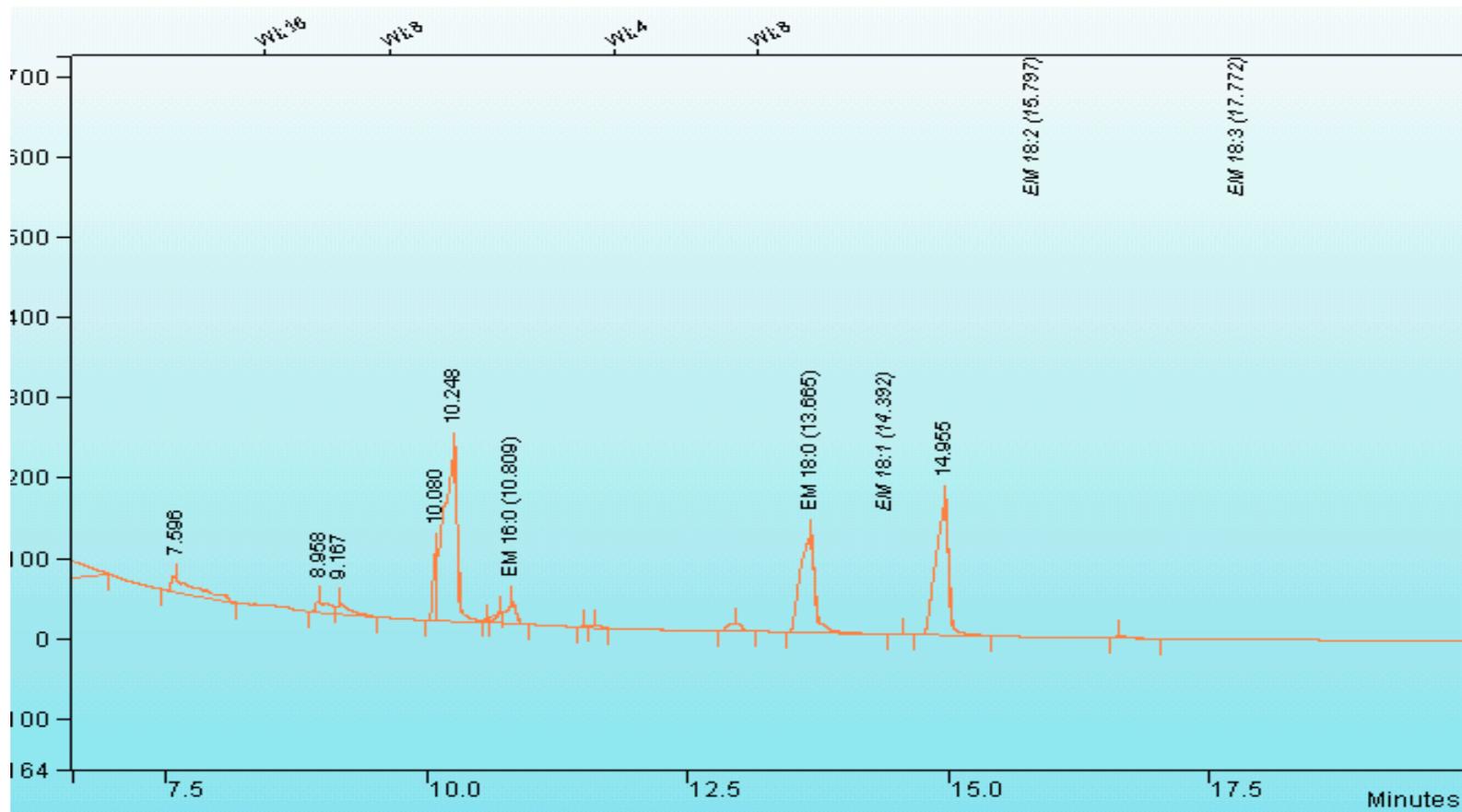
evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de plátano verde deshidratada, encontraron que el efecto de sustitución en la galleta, y los distintos valores de fibra dietética probablemente influenció la textura.

Se puede concluir que se logró un buen enriquecimiento de las galletas de trigo y linaza, tanto en fibra dietética como en otros nutrientes importantes, por lo que se mejoró su calidad principalmente nutricional.

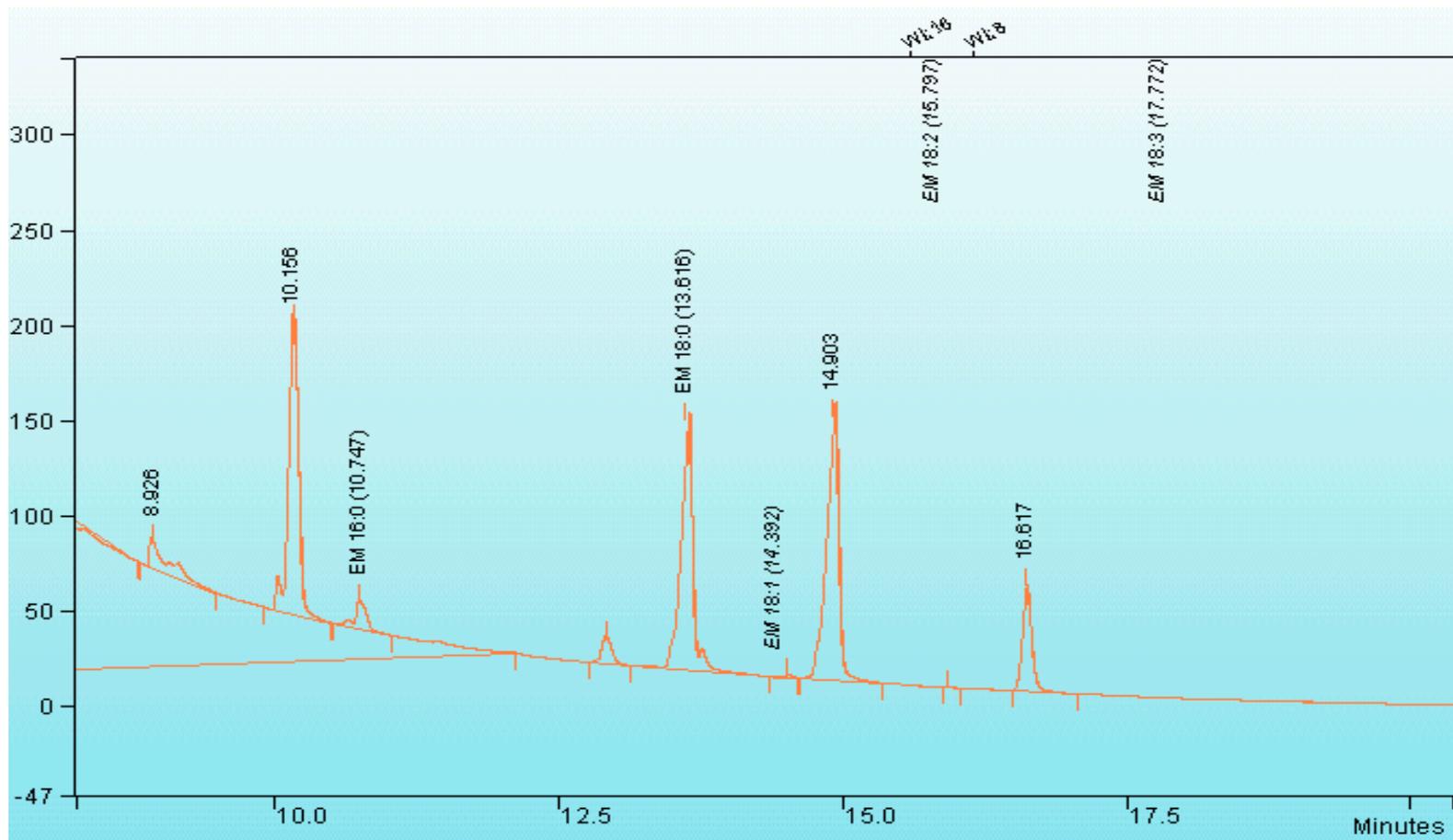
## **5.6.- ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS**

En lo que respecta al análisis de perfil de ácidos grasos realizado por cromatografía de gases, en la Universidad de Carabobo FACYT, en donde se realizaron la inyección de las muestras pertenecientes a las galletas 100% harina de trigo y aquellas suplementadas con 3% y 5% linaza, no se pudo concluir por factores externos entre ellos, no disponer el patrón utilizado el ácido  $\alpha$ -linolenico (C-18:3), por no contar con recursos económicos para su adquisición, aunado a esto la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, no cuenta con el equipo.

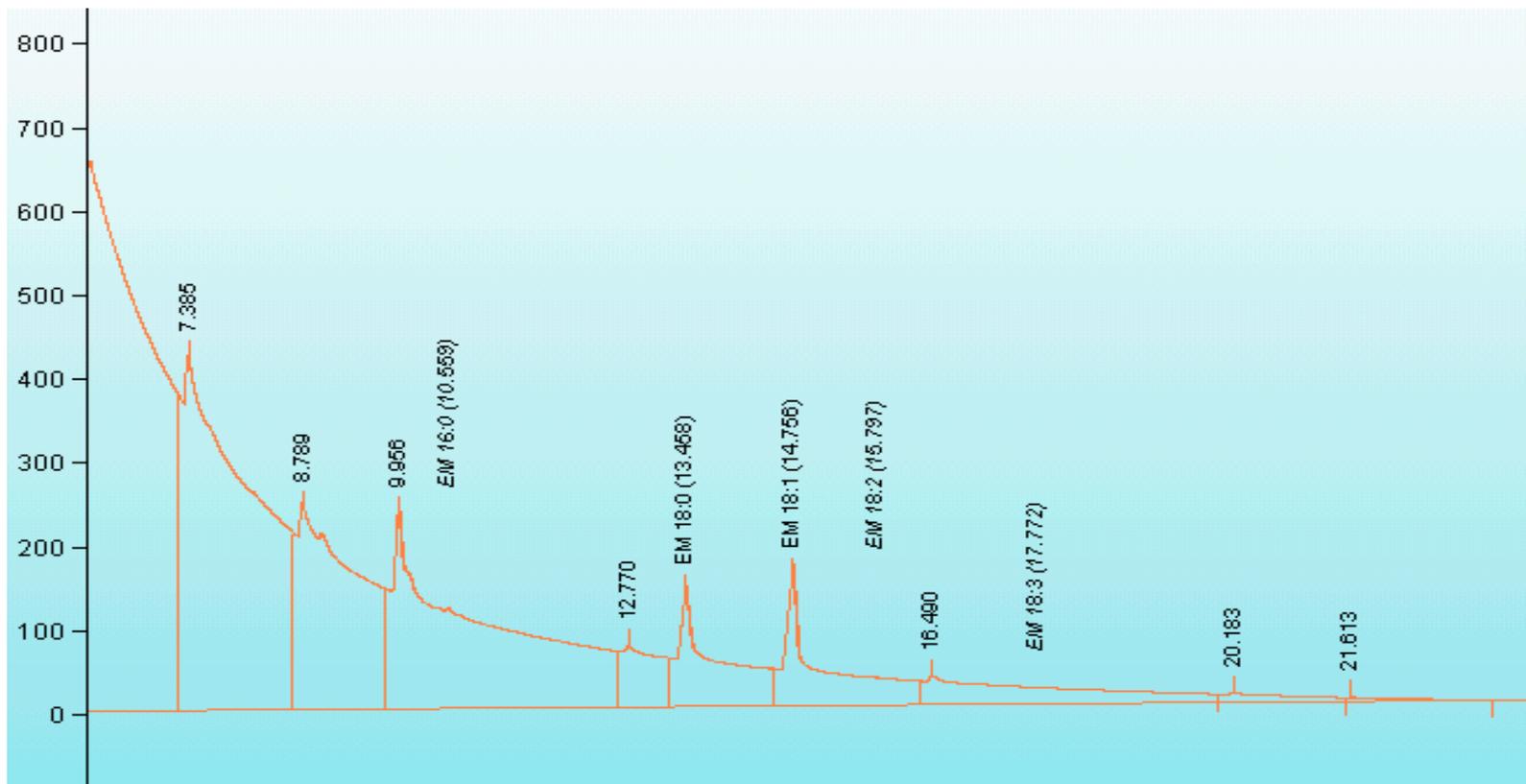
En la figura 12, se observa que la galleta de harina de trigo 100% no se identificó el ácido  $\alpha$ -linolenico, posiblemente debido a que el aporte de este ácido graso por el aceite de maíz de el cual es muy bajo, mientras que en la figura 13, 14, a los 16 minutos aproximadamente, se observa la posible presencia del ácido  $\alpha$ -



**Figura 12. Cromatograma de galleta de harina de trigo 100% o control (HT/L 100:0).**



**Figura 13. Cromatograma de galleta de harina de trigo 97% y 3% linaza (HT/L 97:3).**



**Figura 14. Cromatograma de galleta de harina de trigo 95% y 5% linaza (HT/L 95:5).**

linolenico, debido a que se asumió por el número de insaturaciones reportado por el cromatograma del patrón, que el ácido  $\alpha$ - linolenico se puede identificar a los 16 minutos, más no se pudo cuantificar porque los picos no reportaron área.

Según Vaisey y Morris, (1997) un perfil de ácidos grasos de la linaza, presenta ácidos grasos saturados como el esteárico (18:0); el oleico (18:1) y palmitoleico (16:1) formando los ácidos grasos monoinsaturados y entre los ácidos poliinsaturados se encuentran el linoleico (18:2) y linolenico (18:3), éste en proporción de 57%, mientras Guerrero, (1999) asegura que el aceite de maíz esta constituido por palmítico y esteárico, entre los ácidos grasos saturados. En cuanto a los ácidos grasos monoinsaturado se encuentra el oleico y entre los ácidos grasos poliinsaturados se tienen linoleico y linolenico este último en porcentaje de 0,7 %.

Sin embargo, el calculo teórico arroja que el aporte del ácido  $\alpha$ - linolenico en las galletas HT/L 100:0 o control era aproximadamente de 0,092 %, mientras que aquella con un nivel de sustitución de 3 % linaza el aporte sería de 0,43 % y en la galleta HT/L 95:5 de 0,72%. En el Cuadro 18, se muestra el aporte teórico del ácido  $\alpha$ - linolenico tanto del aceite de maíz como de linaza, se observa que el mayor aporte teórico de ácido  $\alpha$ - linolenico es realizado por la linaza generando una tendencia a incrementar a medida que se aumenta el nivel de suplementación en las galletas, para el tratamiento HT/L 95:5 se esperaba un aporte de 0,42 % y de 0,72 %

**Cuadro 18. Calculo teórico del aporte de ácido  $\alpha$ - linolenico por cada galleta de trigo y linaza.**

	<b>TRATAMIENTOS</b>		
<b>APORTE ÁCIDO <math>\alpha</math>- LINOLENICO (%)</b>	<b>HT/L 100:0</b>	<b>HT/L 97:3</b>	<b>HT/L 95:5</b>
<b>Aceite de maíz</b>	0,0092	0,010	0,010
<b>Linaza</b>	0	0,42	0,71
<b>Total ácido <math>\alpha</math>- linolenico esperado</b>	0,092	0,43	0,72

para la galleta suplementada con 3 % de linaza, mientras que la galleta control se esperaba un aporte de 0,092%.

## VI. CONCLUSIONES

- ✓ El empleo de la linaza en la suplementación de las galletas de harina de trigo, indujo al incremento nutritivo de las mismas. Se intensificaron significativamente los contenidos de cenizas, proteína y grasa.
  
- ✓ En cuanto al contenido de fibra dietética total se logró incrementar en las galletas de harina de trigo suplementadas con linaza de 6,48% a 10,11%, con la adición de linaza, presentando la formulación con mayor nivel de sustitución el más alto valor de fibra.
  
- ✓ Para las pruebas durante el almacenamiento, la humedad y el color variaron significativamente a medida que transcurrió el tiempo de estudio, mientras que el pH no vario.
  
- ✓ La galleta más preferida según la evaluación sensorial fue aquella que tenía un 3% de sustitución, seguida por el control y por último la galleta suplementada con 5% linaza.
  
- ✓ En relación a la textura, está se incrementó a medida que se aumentaba el porcentaje de sustitución con linaza en las galletas.

✓ El uso de linaza en las galletas incrementa el contenido de ácido  $\alpha$ -linolenico, con lo cual se logra, aumentar el valor nutritivo de las galletas.

✓ En lo referente a la digestibilidad *in vitro* del almidón en las galletas de trigo y linaza, se evidenció que al incrementarse el contenido de linaza, generó resistencia a ser degradado, es decir, disminuyó la hidrólisis del almidón.

## VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Desde el punto de vista de la estabilidad de las galletas se recomienda que al momento del empaclado, el sellado de los mismos sea al vacío, para evitar problemas de contaminación por efecto de la humedad.
  
- ✓ Determinar el contenido de actividad de agua (aw), ya que esta medición puede ser índice de la actividad de microorganismos.
  
- ✓ Realizar análisis microbiológicos a las galletas para conocer de esta manera si existe la presencia de microorganismos como levadura, hongos y otros que puedan afectar la calidad de las galletas.
  
- ✓ Continuar los estudios referentes al perfil de ácidos grasos para cuantificar el aporte de ácido  $\alpha$ - linolenico en las galletas de trigo y linaza al 0, 3 y 5 % de sustitución.
  
- ✓ 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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1997. Official methods of analysis (16 th ed) Washington D.C. Association of official analytical chemists.
- ARAYA, H. 2003. Valor nutricional de los hidratos de carbono, complejos disponibles. Avances sobre el uso y las propiedades de los carbohidratos de los alimentos regionales. 27-40 pag.
- BELLO, P; SAYAGOS, S; MENDEZ, G; TOVAR, J. 2004. In vitro digestibility of banana starch cookies plant foods for human nutrition. 59 (2): 75-83
- CARSON, L. SUN, X. 2001. Creep – Recovery of bread and correlation to sensory measurements of textural attributes. Cereal chemists. 78 (1): 101 – 104
- CORBELLINI, M; VACCINO, P; EMPILLI, S; BRANDOLINI, A; BORGHI, B; HEUN, M; SALAMINI, F. 1999. Einkorn characterization for bread and cookie production in relation to protein subunit composition. Cereal chemists. 76 (5): 727 – 733.
- CORI, M; PACHECO, E; SINDONI, E. 2.004. Efecto de la suplementación de galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales. Revista Facultad de Agronomía. 30: 109-112.

ELLIS, R; COCHRANE, M; DALE, M; DUFFUS, C; LYNN, A; MORRISON, I;  
PRENTICE, R; SWANSTON, J; TILLER, S. 1998. Starch Production and  
Industrial use. *Journal of the science agriculture* 77:289-311.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. 1995. Producción agrícola I.  
Terranova Editores LIDA. Santa fé Bogota, D.C. Colombia 495p.

FAERGESTAD, E; SOLHEIM, N. MAGNUS, E; HOLLONG, K; MARTENS, H;  
VHLEN, A. 2004. Relationships between storage protein composition, protein  
content, growing season and flour quality of bread wheat. *Journal of the science  
of food and agriculture*. 88: 877 – 886.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura Alimentaria. 2005.  
Roma. Anuario de Producción.

FENG, D; SHEN, Y; CHAVEZ, E. 2003. The reduction of satisfied HCN of linseed.  
*Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83 (8): 836-841.

FERNANDEZ, I; NOVOA, M; PALLARO, A; SLOBODIANIK, N. 1999.  
Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-3 en la  
recuperación nutricional. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 49 (1): 26-  
30.

GANUZA CARMEN. 2001. Nutrición (1): La fibra dietética.  
<http://www.opolanco.es/apat/boletín12/>

. GONZÁLEZ, G.2000. Efectos del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética Total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. Archivos Latinoamericanos de nutrición. 50(3):281-285.

GARCIA, A.; JIMÉNEZ, A. MARTIN, N. BRAVO, L. SAURA, F. 1999 Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch Food chemistry 66: 181-187.

GUERRERO, A. 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Mapa-Mundi. Madrid – España. 450 – 453.

GREWAL, H; HIRA, C. 2001. Effects of processing and cooking on the amino acids. Composition of wheat. Journal food science technology. 38 (6): 632 – 634.

HERNÁNDEZ, T; HERNÁNDEZ, A; MARTÍNEZ, C; 1995. Fibra Dietaria. Concepto, propiedades y métodos análisis. Revista Latino alimentaría. 19-29.

- HOLM, J; BJORCK, I; DREWS, A; NG. 1986. A rapid method for the analysis of starch . starch/ starke. 38: 224-229.
- HOSENEY, R; MILLER, R; MORRIS, C. 1997. Effect of formula water content on the spread of sugar-snap cookies. Cereal Chemists. 74 (5):699 – 671.
- HURTADO, P; ESCOBAR, A; ESTÉVEZ, A. 2001. Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de fríjol para consumo “snack”. Archivos latinoamericanos de nutrición. 51 (3): 303 – 308.
- IWUOHA, C; ANYADIKE, A; EKE, O. 1997. The effect of flour – blending on the physico – chemical and sensory qualities of bread. Journal science technology.34 (4):311 – 315.
- JOOD, S; SCHOFIELD, D; TSIAMI, A; BOLLEKER, S. 2001. Effect of glutenin subfractions on bread – making quality of wheat. International journal of food science and technology. 36: 573 – 584.
- KAVITA, V; VERGHESE,S; CHITRA, G; PRAKASH, J. 1998. Effects of processing, storage time and temperature on the resistant starch of foods. Journal food science technologic. 35 (4): 299 – 304.

- KIM, W; JOHNSON, J; GRAYBOSCH, R; GAINES, C.2003. Physicochemical Properties and End-use Quality of Wheat Starch as a Function of Waxy Protein Alleles. *Journal of Cereal Science* 37: 195-204
- LEÓN, A; JOVANOVIĆ, G; AÑÓN, M. 1998. Gelatinization. Profiles of triticale starch in cookies as influenced by moisture and solutes. *Cereal chemists*. 75 (5) 617-623.
- LÓPEZ, G; ROS, G; RINCÓN, F; PERAGO, M; MARTÍNEZ, C; ORTUÑO, J. 1997. Propiedades funcionales de la fibra dietética: Mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. 47 (3): 203 – 207.
- 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.
- MALI, S; KARAM, L; PEREIRA, L; GROSSMANN, M. 2004. Relationships among the Composition and Physicochemical Properties of Starches with the Characteristics of Their Films. *J. Agric. Food Chem*. 52, 7720 □-7725.

- Mc CREADY, R; GUGGIOLS, J; SILVEIRA, J; OWENS, H. 1950. Determination of starch and amylose in vegetable. *Anal. Chem.* 22 (9) : 1156-1158
- MC. WATTERS, K ; QUEDRAOGO, J ; RESURRECCIÓN, A ; HUNG, Y. 2003. Physical and sensory characteristics of sugars cookies containing mixtures of wheat, fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. *International journal of food science and technology.* 38: 403 – 410.
- MENDY, A; COYAGO, E; LARA, N; DUFOUR, D; RUALES, J; CARPIO, C.2003. Desarrollo industrial de productos en base a plátano y banano. Avances sobre el uso y las propiedades de los carbohidratos de los alimentos regionales. 153-171 Pág.
- MIKHAYLENKO, G; CZUCHAJOWSKA, Z; BAIK, B; KIDWELL, K. 2000. Environmental influences on flour composition; Dough Rheology, and baking quality of spring wheat. *Cereal chemists.* 77 (4): 507 – 511.
- MILLER, R; HOSENEY, R. 1997. Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. *Cereal Chemists.* 74 (3): 330 – 336.
- PACHECO, E; CEDRES, M; ALVARADO, A; CIOCCIA, A. 1994. Sustitución del afrecho de trigo por harina de almendra desgrasada de palma aceitera rica

fuelle de fibra dietética en la elaboración de galletas y panes. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 44(2): 122-128.

PACHECO, E. 2000. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón del plátano verde (*Musa spp.*). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 28:175-183.

PACHECO, E; JIMÉNEZ, P; PÉREZ, E. 2005. Effect of enrichment with high content dietary fibers stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. Journal of food engineering. 68: 1-7.

PACHECO, E. 2005. Comunicación Personal. Esquema tecnológico para la elaboración de Galletas de trigo y linaza.

PAK, N. 2000. Fibra Dietética en verduras cultivadas en Chile. Archivos latinoamericanos de nutrición. 501 (1): 97 – 101.

PENNA, E; AVENDAÑO, P; SOTO, D; BUNGER, 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.

- REBOLLEDO, M; SANGRONIS, E; BARBOSA, G. 1999. Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 49 (3): 253-258.
- REYES, M; DE PALOMO, P; BRESSANI, R. 2004. Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. 54 (3): 314-321.
- ROMERO, R; OSUNA, A; ROBLES, R; MORALES, R; LEÓN. L; LEÓN R. 2004. Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 54(1): 93-99.
- SAÉNZ, C; SEPÚLVEDA, E; PAK, N; VALLEJOS, X. 2002. Uso de la fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 52 (4).
- SALVATIERRA, M; ELINBAU. S; MARGALEF, M.1994. Dulce de Batata fortificado con proteínas de poroto. Revista de la Alimentación Latinoamericana. 200:46.
- SASAKI, T; YASUI, T; MATSUKI, J; SATAKE, T.2002. Comparison of physical properties of wheat starch gels with different amylose content. Cereal chemists. 79 (6): 861 – 866 .

- SILK, D; WALTERS, E; DUNCAN, H; GREEN, C. 2001. The effect of a polymeric enteral formula supplemented with a mixture of six fiber on normal human bowel function and colonic motility. *Clin Nutri.* 20: 49-58.
- SHARMA, H; CHAUHAN, G. 2002. Effects of stabilized rice bran-fenugreek blends on the quality of breads and cookies. *J. Food Sci. Technology.* 39 (3): 225-233.
- SHEWRY, P; TATHAM, A; BARRO, F; BARCELO, P; LAZZERI, P. 1995. Biotechnology of breadmaking; Unraveling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Biotechnology.* 13:1185 – 1190.
- TOU, J; CHEN, J; THOMPSON, L. 1998. The linseed and their precursor of lignan, secoisolariciresinol diglycoside, affects result of the pregnancy and the reproductive development in rats. *The Journal of Nutrition.* 128 (11): 1861-1868.
- TOUFEILI, I; DAGHER, S; SHADAREVIAN, S; NOUREDDINE, A; SARA KBI, M; FARRAN, M. 1994. Formulations of gluten – free pocket – type flat breads. Optimization of methylcellulose, Gum Arabic, and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal chemists.* 71 (6): 594 – 601.
- VAISEY, M; MORRIS, D. 1997. Flaxseed. *Health, nutrition and functionality* 7 – 89.

VAN DER BURGT, Y; BERGSMA, J; BLEEKER, I; FOXHOL, M; KAMERLING, J; VLIEGENTHART, J. 1999. Structural studies on methylated starch granules. *Starch/starke*. 2 (3): 40 – 43 .

VILLAROEL, M, BIOLLEY, E; YANEZ. E, PERALTA, R. 2002. Caracterización químico nutricional del musgo. *Shagnum magellanicum*. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 5 (4).

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.

VILLAVECHIA, V. 1963. Harinas almidones y productos derivados. *Química Analítica*. Gilí, Barcelona. (2): 85.

WARD, W; YUAN, Y; CHEUNG, A; THOMPSON, L. 2001. The exhibition to the linseed and its purified lignan reduces the force of bone in young but not the oldest males rats. *Toxicol Environ Health A*. 63 (1): 53-65.

WARRANT, J; MICHAUD, P; PICTON, L; MULLER, G; COURTOIS, B; RALAINIRINA; R, COURTOIS; J. 2005. Structural investigations of the

neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seeds mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*. 35: 121-125.

WILKINSON, P; LEACH, C; AH-SING, E; HUSSAIN, N; MILLER, G; MILLWARD, J; GRIFFIN, B. Influence of alpha linolenic acid and fish- oil on markers of cardiovascular risk in subjects with and atherogenic lipoprotein phenotype. *Atherosclerosis*. 181: 115-124.