

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



“Elaboración de un producto panificado con características funcionales a base de harina de linaza y trigo integral”

Presentada por:

DALIA AMADA SOLÍS CASTELLANOS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

"Elaboración de un producto panificado con características funcionales a base
de harina de linaza y trigo integral"

Presentada por:

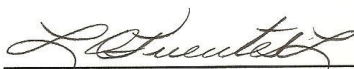
DALIA AMADA SOLIS CASTELLANOS

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador
Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA



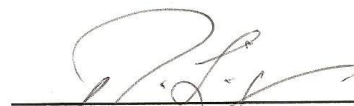
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Presidente del jurado



QFB. Ma. Del Carmen Julia García
Sinodal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Sinodal



Dr. Ramiro López Trujillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, saltillo, Coahuila, México.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Marzo de 2011

COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A quienes me han heredado el tesoro mas valioso “la vida”, quienes sin escatimar esfuerzos me han dado su vida entera para poder alcanzar mis sueños. A quienes nunca podre pagar ni con la riqueza más grande del mundo todo lo que me han dado. Y lo único que anhelo en la vida es que ustedes se sigan sintiendo orgullosos de su hija. Por esto y mucho mas... gracias.

A ti padre

Sr. Ismael Fidel Solís Fabián.

Sabiendo que no hay forma de agradecer una vida de lucha y sacrificio con la única finalidad de darnos a tus hijos lo que en tus manos esta. Solo quiero que sepas que este y todos mis logros son tuyos. Gracias papi te quiero mucho.

A ti madre

Sra. Casilda Castellanos Bautista.

Eres una persona trabajadora y lo primero en tu vida siempre hemos sido tus hijos, gracias por darnos todo lo mejor de ti sin esperar nada a cambio, gracias por escucharme y por ser la mejor mama del mundo. Te amo mami.

A mis hermanos

Porque son parte fundamental en el logro de cada uno de mis sueños, gracias por estar siempre al pendiente de mi, por sus consejos y por qué no, también por sus regaños. Y aunque casi no les digo cuanto los quiero tengan presente siempre que los adoro y que estoy muy orgullosa de ustedes. Los amo.

Sllely Consuelo Solís Castellanos

Fidel Ismael Solís Castellanos

Itzel Guadalupe Solís Castellanos

A mis abuelitos

Porque siempre han estado al pendiente de nosotros, gracias por todas sus oraciones y por el gran apoyo que me han dado en el transcurso de mi vida. Este logro también es suyo. Los quiero mucho.

Juan B Castellanos Morales

Concepción Bautista García

Pedro Solís Vicente (+)

Alberta Fabián Vásquez (+)

A mis tíos

Por el apoyo incondicional que me han brindado a mí y a mis padres. Gracias...

Hermelinda Castellanos Bautista

Macaria Castellanos Bautista

Luis Salatiel Castellanos Bautista

A ti niño lindo: Miguel Ángel Hernández García

Gracias por aparecer en mi vida y llenarla de felicidad, por el apoyo incondicional que me has brindado y por todo lo que nos falta vivir. Te amo. ¡Borrego hermoso a ti también te amo!

Niño gracias por aguantar todas mis locuras, siempre estaré agradecida por la forma en que me tratas y por todo lo que se que significo para ti.

Y solo acuérdate que siempre estas presente en todo lo que hago, Te Amo...

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe

Definitivamente por darme la vida, por ser parte esencial en el logro de esta meta y por llenarme de bendiciones a mí y a mi familia.

A mi Alma Mater

Por darme la oportunidad, las herramientas y las facilidades para el logro de una etapa más de mi formación académica, gracias y en honor a mi universidad siempre portare con orgullo su nombre.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** por todo el apoyo brindado durante mi estancia en la universidad y durante la realización del presente trabajo.

A la **QFB. María del Carmen García Julia** por el interés que mostró durante la realización de este trabajo.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza** por su gran colaboración que dedico a este trabajo.

Al **TLQ Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su paciencia, entera disposición y ayuda que mostró durante mi estancia en el laboratorio.

A todos mis maestros de la carrera por estar siempre al pendiente y por brindarnos sus conocimientos siempre con el fin de formar profesionistas de calidad.

A mis amigos

Encontré dentro de la universidad el tesoro mas valioso que no se pierde nunca, personas muy valiosas que me dieron la oportunidad de conocerlos, los he aprendido a querer como parte de mi familia. Los aprecio mucho y aunque nos vallamos por caminos diferentes siempre los tendré presentes. Gracias por confiar en mí y por ser mis amigos.

Yaribeth Narcia Reynosa

Benjamín Bravo Roblero

Diego Armando García Segura

Nayeli del Rosario, Tania Noriega, Alfredo Avendaño, Antonio Mata, y a todos mis compañeros de la generación con quienes compartí muchos de los mejores momentos durante la estancia en la universidad.

A mis compañeros de casa

Gracias por aguantarme y por apoyarme siempre.

Eligio Mendoza López, Carlos Abraham Ramos, Luciano Antonio, Nisaelia Jerónimo.

Ing. David Juárez Martínez. Gracias por la gran amistad incondicional que me brindaste cuando llegue a saltillo y gracias también por seguir ayudándome.

Mil gracias a todas las personas que me apoyaron durante toda mi estancia en la universidad y si no las menciono no es porque me haya olvidado de ustedes, siempre les agradeceré lo que hicieron por mí.

ÍNDICE

PÀGINA

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 ALIMENTO FUNCIONAL	4
2.1.1 ORIGEN	4
2.1.2 Definición	5
2.2 LA HARINA DE TRIGO INTEGRAL.....	6
2.2.1 Definición	6
2.2.2 Propiedades	6
2.2.3 Composición química de la harina	6
2.3 LA LINAZA	8
2.3.1 Antecedentes de la linaza	8
2.3.2 Descripción general de la linaza	8
2.4 PRINCIPALES COMPONENTES NUTRIMENTALES DE LA SEMILLA DE LINAZA.....	10
2.4.1 Ácidos grasos.....	11
2.4.2 Efecto biológico de los ácidos grasos omega 3	12
2.4.3 Proteína.....	13
2.4.4 Fibra dietética.....	14
2.4.5 Fibra Soluble e Insoluble de la Linaza	16
2.4.6 Vitaminas y minerales	17
2.4.7Carbohidratos.....	19
2.4.8 Fenólicos.....	19
2.5 PROCESAMIENTO DE LA LINAZA.....	23
2.5.1 Molienda.....	23
2.5.2 Descascarado	24
2.5.3 Propiedades tecnológicas	24
2.5.4 Uso de la linaza en la elaboración de productos.....	26
2.5.5 Cocinando la linaza	27
2.6 SEGURIDAD DE LA LINAZA.....	28

2.6.1 Glucósidos cianogénicos.....	28
2.6.2 Nutrientes antagonistas.....	30
2.6.3 Alergia a los alimentos	31
2.7 LA LINAZA Y LA PREVENCIÓN DEL CÁNCER.....	31
2.7.1 Visión general del proceso del cáncer	31
2.7.2 La linaza y el proceso del cáncer	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 DESCRIPCIÓN DE SITIO EXPERIMENTAL	33
3.2 MATERIA PRIMA.....	33
3.2.1 Elaboración de panes	35
3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	36
3.3.1 Determinación de materia seca.....	36
3.3.2 Determinación de cenizas totales (minerales).....	37
3.3.3 Determinación de extracto etéreo o grasa total (método Soxleth)	37
3.3.4 Determinación de fibra cruda	38
3.3.5 Determinación de fibra dietética.....	39
3.3.6 Determinación de proteínas por el método de Macro Kjeldhal.....	39
3.3.7 Determinación de azúcares totales “colorimetric method for determination of sugars and related substances” de Dubois, M. Guilles, K.A. Hamilton. Anal. Chem. 28:530.....	40
3.4 FUNCIÓN DE LOS INGREDIENTES REQUERIDOS PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE LINAZA	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES	56
VI. RECOMENDACIONES	57
VII. LITERATURA CITADA	57
APÉNDICE	64

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Composición química de la harina de trigo	7
Cuadro 2. Composición aproximada de linaza basada en medidas comunes.....	10
Cuadro 3. Composición de aminoácidos en la linaza	14
Cuadro 4. Fibra soluble e insoluble de la linaza	16
Cuadro 5. Contenido vitamínico de la linaza molida	18
Cuadro 6. Contenido mineral de la linaza molida	19
Cuadro 7: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de materia seca	44
Cuadro 8: Valores promedios de las variables obtenidas en el análisis de humedad.....	45
Cuadro 9: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de cenizas	46
Cuadro 10: Valores promedios de las variables obtenidas en el análisis de extracto etéreo	47
Cuadro 11: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra cruda.....	48
Cuadro 12: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra dietética	50
Cuadro 13: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de proteína.	51
Cuadro 14: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de azúcares totales	52
Cuadro 15: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de carbohidratos.....	53
Cuadro 16: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis del contenido calórico	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1: Planta de lino	9
Figura 2. Los efectos de la linaza en el proceso del cáncer	32
Figura 3: Presentación del producto terminado	35
Figura 4: Curva de concentración de azúcares	41
Figura 5: Resultados del análisis de materia seca.....	44
Figura 6: Resultados del análisis de humedad	45
Figura 7: Resultados del análisis de cenizas (minerales)	46
Figura 8: Resultados del análisis de extracto etéreo (grasa)	48
Figura 9: Resultados del análisis de fibra cruda	49
Figura 10: Resultados del análisis de fibra dietética.....	51
Figura 11: Resultados del análisis de proteína.....	52
Figura 12: Resultados del análisis de azúcares totales.....	53
Figura 13: Resultados del análisis de carbohidratos	54
Figura 14: Resultados del análisis del contenido calórico	55

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de elaborar un alimento funcional con alto valor nutrimental a base de harina integral de trigo y harina de linaza.

Se evaluaron tres concentraciones de harina de linaza 3, 5 y 10 %, mezcladas con harina de trigo integral y utilizando como testigo un pan elaborado con el 100 % de harina de trigo.

Se realizó un análisis bromatológico, para determinar la composición química de cada tratamiento de acuerdo a los métodos A.O.A.C 1990 (Association of Official Analytical Chemists), se evaluaron la cantidad de materia seca (sólidos), humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo (grasa), fibra cruda y dietética, calorías y azúcares totales.

En base al análisis químico se determinó que los tres tratamientos superaron la composición química reportada por el testigo, además de mantener las características funcionales propias de la linaza, la cual genera al consumidor muchas ventajas, entre una de la mas importantes es de que previene enfermedades degenerativas. El consumo de este producto proporciona un gran aporte nutricional y es una buena opción para incluirla en nuestra dieta humana.

Palabras clave: pan, linaza, harina de linaza, análisis bromatológico, composición química de la harina de linaza.

I. INTRODUCCIÓN

El hombre, para mantenerse como especie necesita disponer de materias primas alimenticias que le aporten nutrientes. Al principio la idea de alimentación estaba basada únicamente en este concepto. Paulatinamente este significado ha ido modificándose con el avance del conocimiento y aproximadamente desde la segunda mitad del siglo XX, más precisamente en el transcurso de las dos últimas décadas, la humanidad comienza a preocuparse por una correcta alimentación, generando en la población una mayor preocupación por la selección de los componentes dietarios asociados a un menor riesgo de salud por lo que no es extraña la presencia en el mercado consumidor de los "alimentos funcionales" que tienen un denominador común pues actúan positivamente sobre una o varias funciones específicas del organismo por lo que representa para la industria alimentaria un permanente desafío para formular y desarrollar nuevas variedades de productos con características innovadoras en este campo.

La función de estos componentes es prevenir enfermedades crónicas originadas en trastornos fisiológicos, como cáncer, osteoporosis, complicaciones cardiovasculares, trastornos de la función intestinal, diabetes, obesidad, entre otras.

La linaza se ha reconocido desde tiempos prehistóricos, en Asia, norte de África, y Europa como una fuente de alimentos y su cultivo, destinado a la obtención de alimentos y fibra, es muy antiguo. Actualmente se le cultiva en alrededor de 50 países, la mayoría de los cuales están en el hemisferio norte. Canadá es el principal productor, seguido por China, Estados Unidos e India. La producción en Chile es muy pequeña y la mayoría de lo que se consume, ya sea como suplemento dietético o como ingrediente para repostería, se importa desde Canadá.

Históricamente, la producción de linaza se orientó hacia la producción de aceite de uso industrial; sin embargo, actualmente hay un nuevo interés por consumir la semilla molida debido a su potencial beneficio para la salud. Aunque

hay importante evidencia que respalda el consumo de linaza, mucha gente aún desconoce las ventajas de su consumo y sus posibles aplicaciones en alimentos.

La linaza o semilla del lino (*Linum usitatissimum* L.) es rica en compuestos que se cree que proporcionan beneficios a la salud humana (ácido α -linolénico, lignanos y polisacáridos diferentes al almidón) y que se han propuesto que, a través de su efecto anti hipercolesterolémico, anti-carcinogénico, y controlador del metabolismo de la glucosa, pueden prevenir o reducir el riesgo de varias enfermedades importantes que incluyen la diabetes, el lupus, la nefritis, la aterosclerosis y los cáncer dependientes de hormonas. Además, se ha señalado que el consumo de linaza aumenta la producción de lignanos en los mamíferos. Estos efectos, junto con su alto contenido de proteínas, hacen de la linaza un ingrediente alimentario muy atractivo y uno de los alimentos funcionales más importantes del siglo XXI.

1.1 OBJETIVOS

- Elaborar un pan con harina de linaza y harina integral de trigo con carácter de alimento funcional que conserve hasta donde sea posible las cualidades de la linaza
- Determinar las cualidades nutricionales del pan de linaza. (Proteína, Grasa, Cenizas, Azúcares Totales, Fibra Cruda, Fibra Dietética, Humedad, Energía Calórica).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Alimento funcional

2.1.1 Origen

El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutrimental.

Algunas de las principales funciones son las relacionadas con un óptimo crecimiento y desarrollo, la función del sistema cardiovascular, los antioxidantes, el metabolismo de xenobioticos, el sistema gastrointestinal, entre otros (Palou A y F. Serra 2000).

En opinión de los expertos, muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares) se relacionan de un modo muy estrecho con la dieta alimenticia (Jones, P.J. 2002).

En la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como benéficos para la salud.

Algunos trabajos científicos han puesto de relieve que ciertos ingredientes naturales de los alimentos proporcionan beneficios y resultan extraordinariamente útiles para la prevención de enfermedades e incluso para su tratamiento terapéutico (Bello, J.2000).

2.1.2 Definición

Alimento funcional (*Functional food*): Cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. El calificativo de funcional se relaciona con el concepto bromatológico de "propiedad funcional", o sea la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos y de los sistemas fisicoquímicos de su entorno, sin referencia a su valor nutritivo (Roberfroid MB. 2000).

En Europa se define alimento funcional a "aquel que satisfactoriamente ha demostrado afectar benéficamente una o más funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados en una forma que resulta relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgo de una enfermedad".

Aunque el término alimentos funcionales no es una categoría de alimento legalmente reconocida por la Administración de alimentos y Drogas (FDA) de los Estados Unidos, recientemente sucedieron algunos cambios legislativos acerca de la información que deben contener las etiquetas de los productos relacionados con beneficios funcionales de los alimentos.

Las regulaciones de la NLEA (Ley de Etiquetado y Regulación Nutricional) y de la DSHEA (Ley de Suplementos Dietéticos Salud y Educación) se encaminan a preparar el camino legal en que se debe fundamentar el uso de estos productos. La posición oficial de la U.S. Food & Drugs Administration (FDA) es: "Las sustancias específicas de los alimentos pueden favorecer la salud como parte de una dieta variada" (Bello J. 1995).

Por su parte, la Asociación Americana de Dietistas (ADA), reconoce el papel potencialmente benéfico de los alimentos funcionales al enfatizar que estos alimentos "deben ser consumidos como parte de una dieta variada, en una forma regular y a niveles efectivos".

Finalmente, en México, aunque el término de alimentos funcionales se utiliza familiarmente entre la comunidad científica a la fecha no hay leyes que reglamenten específicamente el uso de estos alimentos (American Dietetic Association. 1999).

2.2 La harina de trigo integral

2.2.1 Definición

Es una harina oscura que se obtiene de la molienda del grano de trigo con todas sus envolturas celulósicas. Según el grado de molienda se admiten 3 tipos: grueso, mediano y fino.

2.2.2 Propiedades

El trigo integral constituye uno de los alimentos vegetales más completos, contiene una cantidad muy elevada de minerales, especialmente potasio, fósforo, magnesio, hierro y zinc. Es muy rico en vitaminas del complejo B destacando la tiamina, que cuida especialmente del sistema nervioso, y la niacina, necesaria para que el organismo transforme los hidratos de carbono en energía. Su contenido de vitamina E es elevado.

2.2.3 Composición química de la harina

Almidón: es el elemento principal que se encuentra en todos los cereales. Es un glúcido que al transformar la levadura en gas carbónico permite la fermentación.

Gluten: otorga elasticidad a las masas reteniendo la presión del gas carbónico producido por la levadura.

Azúcares: están también presentes en la harina pero en un porcentaje mínimo, ayudan a la levadura a transformar el gas carbónico.

Materias grasas: están localizadas en el germen y en las cáscaras del grano de trigo.

Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina.

Materias minerales o cenizas: para determinar el porcentaje de ellas es necesaria la incineración de las harinas. A menor proporción de cenizas mayor pureza de la harina.

Vitaminas: contiene vitaminas B1, B2 y E.

Cuadro 1. Composición química de la harina de trigo

	Integral	Refinada
Agua	10.27 g	11.92 g
Energía	339 Kcal	364 Kcal
Grasa	1.87 g	0.98 g
Proteína	13.70 g	15.40 g
Hidratos de carbono	72.57 g	73.31 g
Fibra	12.2 g	2.7 g
Potasio	405 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg
Hierro	3.88 mg	4.64 mg
Sodio	5 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg
Cobre	0.38 mg	0.14 mg
Zinc	2.93 mg	0.70 mg
Manganeso	3.79 mcg	0.682 mcg
Vitamina B1 (tiamina)	0.4 mg	0.1 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0.215 mg	0.04 mg
Vitamina B3 (niacina)	6.365 mg	----
Vitamina B6 (piridoxina)	0.341 mg	0.2 mg
Vitamina E	1230 mg	0.060 mg
Acido fólico	44 mcg	----

Fuente: <http://www.botanical-online.com/harina.htm>; 02/02/2011; 14:16

2.3 La linaza

2.3.1 Antecedentes de la linaza

La semilla de linaza ha sido usada en la dieta humana por miles de años. Los registros muestran que en el sur de Mesopotamia, 5,200-4,000 aC, se usaba el riego para cultivar linaza. Los babilonios cultivaron semilla de linaza desde 3000 aC, un milenio después 650 aC, Hipócrates usaba la semilla de linaza para aliviar el malestar intestinal. La semilla de linaza era tan importante para la salud de estos sujetos que en el siglo VIII, Carlomagno emitió leyes y reglamentos que regían su consumo.

Actualmente se le cultiva en alrededor de 50 países, la mayoría de los cuales están en el hemisferio norte. Canadá es el principal productor, seguido por China, Estados Unidos e India. La producción en Chile es muy pequeña y la mayoría de lo que se consume, ya sea como suplemento dietético o como ingrediente para repostería, se importa desde Canadá. Históricamente, la producción de linaza se orientó hacia la producción de aceite de uso industrial; sin embargo, actualmente hay un nuevo interés por consumir la semilla molida debido a su potencial benéfico para la salud (Morris y Vaisey-Genserb, 2003).

Hoy, los consumidores se están acercando a la semilla de linaza por sus muchos beneficios para la salud y su placentero, sabor a nuez (una distintiva adición a productos horneados).

2.3.2 Descripción general de la linaza

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

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

Las semillas de linaza pueden variar de color desde café-oscuro hasta amarillo claro. El color de la semilla se determina a través de la cantidad de pigmento en la cubierta exterior de la semilla. El color de la semilla se modifica fácilmente a través de técnicas simples de cultivo.

Los términos “linaza” y “semilla de lino” generalmente se utilizan como substitutos; sin embargo, los norteamericanos utilizan el término “linaza” cuando el producto se utiliza para alimentación humana y el término “semilla de lino” cuando el producto se utiliza para propósitos industriales.

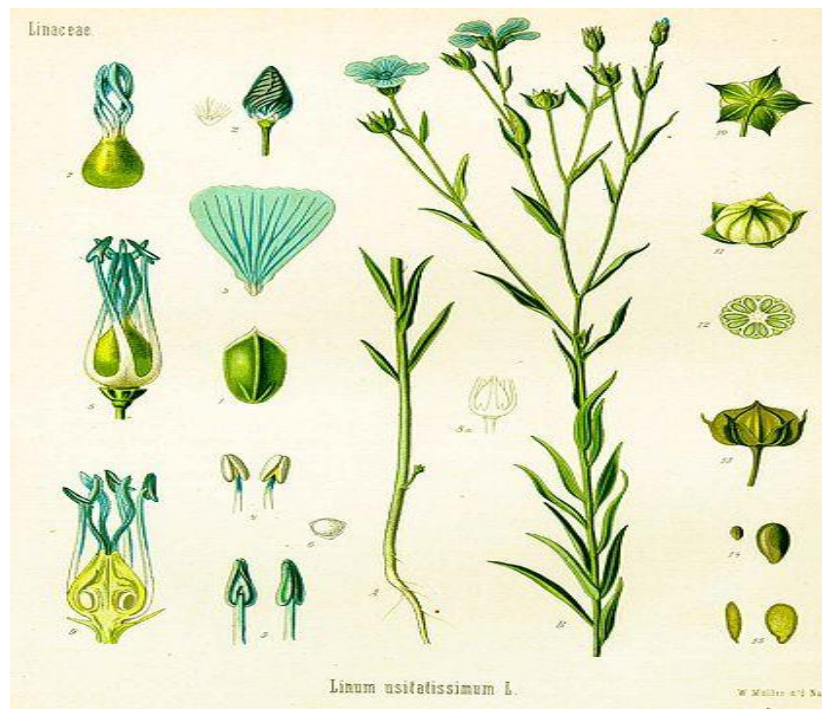


Figura 1: planta de lino

Fuente: <http://www.linaza.org/index.html>: 01/02/2011; 15:50

2.4 Principales componentes nutrimentales de la semilla de linaza

La linaza es rica en grasa, proteína y fibra dietética. En promedio, la linaza canadiense contiene 41% de grasa, 20% de proteína, 28% de fibra dietética total, 7.7% de humedad y 3.4% de ceniza, el cual es un residuo rico en minerales que se queda después de quemar las muestras. La composición de la linaza puede variar dependiendo de la genética, el medio ambiente, el procesamiento de la semilla y el método de análisis utilizado (Anonymous. 2001).

El contenido de proteína de la semilla se reduce en la medida que se incrementa el contenido de aceite. El contenido de aceite de la linaza puede ser alterado a través de métodos de cultivo tradicionales, y también es afectado por la geografía de la zona de producción.

Cuadro 2. Composición aproximada de linaza basada en medidas comunes

Tipo de linaza	Peso (g)	Medida común	Energía (Kcal)	Grasa total (g)	AAL (g)	Proteína (g)	CHO total (g)	Fibra dietética total (g)
Análisis aproximado	100	-	450	41.0	23.0	20.0	29.0	28.0
Semilla entera	180	1 taza	810	74.0	41.0	36.0	52.2	50.0
	11	1 cuchda. Sopera	50	4.5	2.5	2.2	3.0	3.0
	4	1 cucharadita	18	1.6	0.9	0.8	1.2	1.1
Semilla molida	130	1 taza	585	53.0	30.0	38.0	38.0	36.0
	8	1 cuchda. Sopera	36	3.3	1.8	2.3	2.3	2.2
	2.7	1 cucharadita	12	1.1	0.6	0.8	0.8	0.8

AAL= Acido alfa-linolénico, el ácido graso esencial Omega-3. CHO= Carbohidrato.

Basado en un análisis aproximado llevado a cabo por la Comisión de Granos de Canadá (Anonymous. 2001)

2.4.1 Ácidos grasos

Históricamente la linaza ha sido valorada por su abundancia de grasas, la cual provee una mezcla única de ácidos grasos. Los ácidos grasos son componentes orgánicos que se encuentran en prácticamente todos los alimentos.

La linaza contiene una mezcla de ácidos grasos. Este producto es rico en ácidos grasos poliinsaturados, particularmente en ácido alfa-linolénico (AAL ó ALN como se abrevia algunas veces), el cual es el ácido graso esencial omega-3 y el ácido linoléico (AL), el cual es el ácido graso esencial omega-6. Estos dos ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para los humanos, es decir, deben ser obtenidos de las grasas y aceites de los alimentos debido a que nuestro cuerpo no los produce.

La linaza es una planta rica en ácido alfa-linolénico, un ácido graso esencial (AGE) de la familia omega-3. Los ácidos grasos omega 3 han mostrado que regulan la expresión y transcripción genética, alterando la síntesis enzimática, y modificando diversos factores de riesgo de enfermedades coronarias, incluyendo la reducción de triglicéridos y la presión sanguínea. Así también protegen contra trombosis y ciertos tipos de cáncer y modifican las reacciones inmunológicas e inflamatorias (Warner K, Mounts TL. 1993).

Los AGEs son requeridos para mantener la estructura de las membranas celulares y la permeabilidad de la piel, por ser precursores de eicosanoides tales como prostaglandinas y tromboxanas, y por su función en el transporte y metabolismo del colesterol. Existen dos AGEs en la dieta humana: el ácido alfa linoléico (18:3n-3), progenitor en la familia de los ácidos grasos omega 3, y el ácido linoléico (18:2n-6), progenitor de los ácidos grasos omega-6.

La nomenclatura del ácido alfa linoléico es 18:3n-3, un ácido graso omega 3 o n-3 con 18 átomos de carbón y 3 dobles ligaduras (señaladas por 18:3), la

nomenclatura del ácido linoléico es 18:2n-6, un ácido graso omega 6 ó n-6 con 18 átomos de carbón y 2 dobles ligaduras.

2.4.2 Efecto biológico de los ácidos grasos omega 3

Los ácidos grasos omega-3 tienen efectos biológicos que los hacen útiles en la prevención y tratamiento de condiciones crónicas como la diabetes tipo 2, enfermedades del hígado, artritis reumatoide, presión alta de la sangre, enfermedades coronarias, embolias, enfermedad de Alzheimer, alcoholismo y ciertos tipos de cáncer (Das UN. Essential fatty acids – a review. 2006). Los efectos biológicos clave de los tres principales ácidos grasos omega-3 (AAL, AEP y ADH) se describen a continuación.

1. La leche materna contiene entre 0.5%-2.0% de AAL y entre 0.1%-0.4% de ADH (86) ó a grosso modo cinco veces más AAL que ADH. El AAL constituye entre 75- 80% de los ácidos grasos totales omega-3 en la leche materna, lo cual respalda el papel del AAL en el crecimiento y desarrollo de los infantes (Bopp M, Lovelady C, Hunter C, Kinsella T. 2005).
2. El AAL se requiere para mantener el sistema nervioso. En los seres humanos, una deficiencia de AAL resulta en un pobre crecimiento y en problemas neurológicos como entumecimiento, debilidad, dolor en las piernas, inhabilidad para caminar y visión borrosa. Estos síntomas clínicos de deficiencia pueden ser aliviados al agregar AAL en la dieta (Holman RT, Johnson SB, Hatch TF. 1982).
3. El AAL es el precursor del AEP, ADP y ADH. Por lo tanto, las dietas ricas en AAL incrementan el contenido de AAL, AEP, ADP y el contenido de fosfolípidos de las membranas celulares. Al incrementarse el contenido de ácido graso omega-3 de los fosfolípidos de las membranas celulares, se incrementa su flexibilidad y altera su comportamiento de formas benéficas (Nair SSD, Leitch JW, Falconer J, Garg ML. 1997).

4. El AAL desalienta las reacciones inflamatorias a través del bloqueo de la formación de compuestos que promueven la inflamación. La inflamación es una característica de muchas enfermedades crónicas, incluyendo las enfermedades del corazón, la diabetes tipo 2, el síndrome metabólico, la obesidad, el cáncer y la enfermedad de Alzheimer (Licastro F, Candore G, Lio D, *et al.* 2005).

2.4.3 Proteína

Los aminoácidos son el núcleo de las proteínas. El patrón de aminoácidos en la proteína de la linaza es similar al de la proteína de soya, la cual está considerada como una de las proteínas vegetales más nutritivas (Oomah BD, Mazza G. 1993).

Cuadro 3. Composición de aminoácidos en la linaza

Aminoácidos	Linaza g/100 g de proteína
Alanina	4.5
Arginina	9.4
Acido aspártico	9.7
Cistina	1.1
Acido glutámico	19.7
Glicina	5.8
Histidina *	2.3
Isoleucina*	4.0
Leucina	5.9
Lisina *	3.9
Metionina *	1.4
Fenilalanina *	4.7
Prolina	3.5
Serina	4.6
Treonina *	3.7
Triptófano *	NR
Tirosina	2.3
Valina *	4.7

NR: no reportado

*Aminoácidos esenciales

Fuente: Oomah BD, Mazza G. 1993.

2.4.4 Fibra dietética

La fibra se presenta como estructura material en las paredes celulares de las plantas y tiene importantes beneficios para la salud de los humanos. Existen dos tipos principales de fibras:

- La fibra dietética consiste en carbohidratos vegetales no digeribles y otros materiales que se encuentran intactos en las plantas. Las semillas enteras de linaza y la linaza molida son fuentes de fibra dietética.
- La fibra funcional consiste en carbohidratos no digeribles que han sido extraídos de las plantas, purificados y agregados a los alimentos y otros productos. Los mucílagos extraídos de las semillas de linaza y agregados a los laxantes ó jarabes para la tos son una fibra funcional (Institute of Medicine. 2002).

La fibra total es igual a la suma de la fibra dietética y la fibra funcional. La fibra dietética y la fibra funcional no son digeridas y absorbidas por el intestino delgado de los humanos y por lo tanto, pasan relativamente intactas al intestino grueso (Institute of Medicine 2002).

La fibra total representa alrededor del 28% del peso de las semillas de linaza sin desgrasar. Las mayores fracciones de fibra en la linaza son:

- La celulosa: Principal estructura material en las paredes celulares de las plantas.
- Los mucílagos: Tipo de polisacárido que se torna viscoso una vez que se mezcla con agua u otros fluidos. El mucílago de la linaza consiste en tres distintos tipos de arabinosilanos que forman grandes agregaciones en solución y contribuyen a sus cualidades de gel (Warrand J, Michaud P, Picton L, *et al.* 2005).
- La lignina: Una fibra altamente ramificada que se encuentra dentro de las paredes celulares de plantas leñosas. Las ligninas están relacionadas con un componente similar denominado: lignanos. Ambos son partes de las paredes celulares de las plantas y están asociados con los carbohidratos de las paredes celulares. Las ligninas contribuyen a la fuerza y rigidez de las paredes celulares. Los lignanos son fitoquímicos (“fito” significa “planta”),

cuyo papel en la nutrición humana, particularmente en la prevención del cáncer, es estudiada activamente (Safe S, Papineni S. 2006).

2.4.5 Fibra Soluble e Insoluble de la Linaza

La linaza contiene tanto fibra dietética soluble como insoluble. La fibra dietética actúa como un agente esponjante en el intestino. Dicha fibra incrementa el peso fecal y la viscosidad del material digerido, mientras que reduce el tiempo de tránsito del material a través del intestino. De esta manera, la fibra dietética ayuda a controlar el apetito y la glucosa en la sangre, promueve la laxación y reduce los lípidos de la sangre. Las dietas ricas en fibra dietética pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades del corazón, diabetes, el cáncer colorrectal, la obesidad e inflamación (Brennan CS. 2005).

El contenido de fibra dietética soluble e insoluble de la linaza varía como se muestra a continuación, dependiendo del método de extracción de fibra y análisis químico (Daun JK, Barthet VJ, Chornick TL, Duguid S. 2003).

Cuadro 4. Fibra soluble e insoluble de la linaza

	Fibra soluble	Fibra insoluble
Semilla entera de linaza (1 cucharada sopera)	0.6-1.2 g	1.8-2.4 g
Linaza molida (1 cucharada sopera)	0.4-0.9 g	1.3-1.8 g

Fuente: Daun JK, Barthet VJ, Chornick TL, Duguid S. 2003.

2.4.6 Vitaminas y minerales

La semilla de linaza contiene vitaminas y minerales esenciales. Es particularmente rico en potasio, provee cerca de 7 veces más que un plátano por peso seco de semilla. La semilla de linaza provee cantidades pequeñas de magnesio, hierro, cobre y zinc (Carter JF. Cereal Foods World. 1993).

La linaza contiene cantidades menores de vitaminas solubles en agua y grasa. La vitamina E, es una vitamina soluble en grasa que se encuentra presente en la linaza, principalmente como gamma-tocoferol. El gamma-tocoferol es un antioxidante que protege a las proteínas celulares y a las grasas de la oxidación; promueve la excreción de sodio en la orina, lo cual puede ayudar a disminuir la presión en la sangre; y ayuda a reducir el riesgo de enfermedades del corazón, algunos tipos de cáncer y la enfermedad de Alzheimer.

El contenido de tocoferol en la linaza dependerá de la variedad, madurez de la semilla, región de producción, condiciones de producción y método de extracción. El contenido de gammatocoferol puede variar desde 8.5 a 39.5 mg/100 g de semilla ó entre 0.7-3.2 mg. /cucharada de linaza molida (Daun JK, Barthelet VJ, Chornick TL, Duguid S. 2003).

Cuadro 5. Contenido vitamínico de la linaza molida

Soluble en agua	mg/ 100 g	mg/cucharada linaza molida
Acido ascórbico	0.50	0.04
Tiamina/vitamina B1	0.53	0.04
Riboflavina/vitamina B2	0.23	0.02
Niacina/ácido nicotínico	3.21	0.26
Piridoxina/vitamina B6	0.61	0.05
Acido pantoténico	0.57 μ g/100g	0.05 μ g/100g
Acido fólico	112	9.0
Biotina	6	0.5
Soluble en grasa	mg/kg en aceite	mg/cucharada en aceite
Carotenos	No detectados	No detectados
Vitamina E		
Alfa-tocoferol	7	0.10
Delta-tocoferol	10	0.14
Gamma-tocoferol	552	7.73
		mcg/cucharada de linaza molida
Vitamina K		0.3

Fuente: Daun JK, Barthet VJ, Chornick TL, Duguid S. 2003

Cuadro 6. Contenido mineral de la linaza molida

	mg/100g	mg/cucharada
Calcio	236	19.0
Cobre	1	0.1
Hierro	5	0.4
Magnesio	431	34.0
Manganeso	3	0.2
Fósforo	622	50.0
Potasio	831	66.0
Sodio	27	2.0
Zinc	4	0.3

Fuente: Carter JF. Cereal Foods World. 1993

2.4.7 Carbohidratos

La linaza es baja en carbohidratos (azúcares y almidones), suministrando únicamente 1 g por cada 100 g. Por esta razón, la linaza contribuye poco a la ingestión total de carbohidratos (Anonymous. 2001).

2.4.8 Fenólicos

Los fenólicos son compuestos vegetales que tienen muchas funciones diferentes, incluyendo el agregar color a la planta y atraer abejas y otros insectos para la polinización. Muchos fenólicos parecen tener efectos anticancerígenos y antioxidantes en los humanos. La linaza contiene al menos tres tipos de fenólicos: los ácidos fenólicos, los flavonoides y los lignanos. El contenido fenólico de la linaza se muestra a continuación (Nacz M, Shahidi F. 2006).

Ácidos fenólicos. La linaza contiene alrededor de 8 a 10 g. de ácidos fenólicos totales por kilogramo (kg) de linaza ó cerca de 64-80 miligramos (mg) de ácidos

fenólicos totales/cuchda. sopera de linaza molida (Oomah BD, Kenaschuk EO, Mazza G. 1995).

Flavonoides. La linaza contiene cerca de 35-70 miligramos (mg) de flavonoides/100 g, lo cual es equivalente a cerca de 2.8-5.6 mg. de flavonoides/cuchda. sopera de linaza molida (Oomah BD, Mazza G. 1998).

Lignanos. La linaza es una fuente rica de un lignano denominado secoisolariciresinol diglicosido (SDG), el cual se encuentra en cantidades dentro de un rango de 1 mg/g de semilla a cerca de 26 mg/g de semilla. El amplio rango de contenido de SDG refleja las diferencias en los cultivos de la linaza, las regiones de producción y el método de análisis (Muir AD. 2006).

Los lignanos son fitoestrógenos, compuestos vegetales que tienen una actividad estrogénica baja en los animales. Otros fitoestrógenos comunes incluyen a los isoflavonoides como la daidzeina y la genisteina encontrados en la soya, así como otros frijoles, semillas y productos de granos integrales.

La fuente más rica de lignanos es la semilla de linaza, la cual contiene altos niveles del precursor de lignanos secoisolariciresinol diglicosido (SDG). Los lignanos están también ampliamente distribuidos en el reino vegetal, estando presentes en pequeñas cantidades en la mayoría de los granos sin refinar como el centeno, cebada, avena: leguminosas como soya; y algunos vegetales. Los lignanos no están presentes en cantidad apreciable en el aceite de linaza.

La flora bacterial convierte al precursor de lignanos de la linaza SDG en enterodiol y enterolactona, que son los principales lignanos encontrados en humanos y otros mamíferos; (El enterodiol y enterolactona son llamados lignanos animales o mamálicos para distinguirlos del SDG y otros lignanos precursores vegetales.) La concentración de enterodiol y enterolactona en la orina está relacionada con la concentración de lignanos vegetales en la dieta; grandes cantidades de lignanos vegetales producen grandes cantidades de enterodiol y

enterolactona excretada en orina de ratas y humanos (Adlercreutz H, *et al.* J Steroid Biochem. 1987).

Las poblaciones con dieta alta en fibras y alto consumo de fitoestrógenos, como son los lignanos, tienden a tener bajos índices de cánceres con relación hormonal tal como es el cáncer de mama, comparado con poblaciones occidentales con bajo consumo de fibra. Se cree que los lignanos protegen en contra de cánceres con relación hormonal al inhibir que ciertas enzimas involucradas en el metabolismo hormonal, puedan reducir la disponibilidad de estrógeno e interferir con el crecimiento de células cancerígenas (Adlercreutz H. Scand J Clin Lab Invest. 1990).

Los lignanos de las plantas son compuestos fenólicos con un esqueleto de 2,3-dibencilbutano (Thompson, 2003a). La linaza es la fuente alimenticia más rica en los precursores de lignanos, diglucósido de secoisolariciresinol (SDG) y materesinol, los cuales son fitoestrógenos que por acción del ácido gástrico y de la glucosidasa bacteriana (de aeróbicos facultativos del género *Clostridia*) del tracto digestivo, se transforman en enterolactona y enterodiol, respectivamente, conocidos como lignanos de los mamíferos.

Estos últimos poseen mayor capacidad antioxidante que sus precursores. También se encuentran presentes en la linaza otros lignanos, como el lariciresinol, hinoquinina, arctigenina, ácido divainillin tetrahidrofurano nordihidroguayarético, isolariciresinol y pinoresinol, pero el más abundante es el SDG en cantidades entre 1410 y 2590 mg/100 g de semilla seca. El contenido de lignanos en la linaza está muy influenciado por factores genéticos y en menos grado por las condiciones ambientales (Meagher *et al.*, 1999).

Los beneficios para la salud de los lignanos de la linaza residen en su capacidad antioxidante como secuestradores de radicales hidroxilos, y como compuestos estrogénicos y anti-estrogénicos por su similitud estructural con el 17- β -estradiol. La actividad antioxidante del lignano de la linaza (SDG) está relacionada con la supresión de las condiciones oxidantes de las especies reactivas de oxígeno.

El diglucósido de secoisolariciresinol y su aglucona secoisolariciresinol muestran una muy alta capacidad antioxidante y efectos protectores del daño al ADN y a los liposomas especialmente en las células epiteliales del colon expuestas a estos compuestos, durante el metabolismo de las bacterias del colon que los transforman en lignanos de mamíferos (Rajesh *et al.*, 2006). Debido a que estas sustancias han mostrado tener efectos anti-cáncer, se sugiere que el consumo de linaza reduciría el riesgo de desarrollar cáncer de pecho y de próstata y su acción antioxidante reduciría el riesgo de las enfermedades coronarias (Metzler, 2003).

Sin embargo, todavía no se establece completamente la cantidad y frecuencia de consumo de linaza que asegure los beneficios señalados. Esto se debe en parte, a que no hay información completa respecto de la bio-disponibilidad de los lignanos, incluyendo su absorción, distribución, metabolismo y excreción debido a las dificultades existentes en los análisis de lignanos en las semillas, en los fluidos y tejidos corporales (Thompson, 2003a).

Dado el gran número de investigaciones realizadas respecto de los beneficios para la salud en conjunto con la seguridad del consumo de linaza, se puede decir que esta semilla puede ser un ingrediente alimentario efectivo en el mejoramiento del estado de salud de las personas. La recomendación más frecuente es de 1 a 3 cucharadas por día de grano molido, teniendo en cuenta que una cucharada (aproximadamente 8 g) entrega 3.3 g de lípidos; 1.8 g de ALA; 1.6 g de proteína; y 2.2 g de fibra dietética total. Sin embargo, sería deseable que la recomendación de cantidades diarias de consumo la hiciera un organismo autorizado (Morris y Vaisey-Genserb, 2003).

2.5 Procesamiento de la linaza

Hasta hace poco tiempo, los únicos ingredientes derivados de la linaza disponibles para la industria de alimentos eran el aceite de linaza, y la semilla entera o molida, principalmente porque la estructura física de la semilla hace difícil la separación de las fracciones y los componentes químicos, por lo cual es necesario contar con operaciones que mejoren sus propiedades tecnológicas y nutricionales (Daun, 2003).

2.5.1 Molienda

Se recomienda que la semilla de linaza se consuma molida ya en este estado, la digestibilidad y biodisponibilidad de sus componentes son mayores. No existen estudios clínicos acerca de la digestibilidad ni de la contribución nutricional de la semilla entera de linaza a la dieta. En general, se acepta que las semillas enteras tienden a pasar por el tracto gastrointestinal sin ser digeridas debido a que la cubierta de la semilla es resistente a la acción de las enzimas digestivas. La masticación destruye en un cierto grado la cubierta de la semilla y expone los nutrientes del interior a la acción digestiva; sin embargo, es difícil evaluar el grado de masticación necesario para una buena digestión.

Aunque por lo anterior, se recomienda el consumo habitual de linaza molida, la semilla entera proporciona una textura crocante a productos de repostería, cereales de desayuno, barras de cereales y ensaladas (Morris y Vaisey-Genserb, 2003).

La molienda de semilla de linaza conlleva dificultades, especialmente si se utilizan molinos de rodillo, debido al alto contenido de aceite del grano lo que causa adherencia del material en la superficie del rodillo. Se ha utilizado con éxito, a nivel experimental, para producir harina integral, molinos cortadores centrífugos y molinos de martillos (Wiesenborn *et al.*, 2003).

2.5.2 Descascarado

La cáscara y los cotiledones de la semilla se pueden utilizar en forma separada como ingredientes funcionales para el desarrollo de alimentos. Se han intentado diversos procesos comerciales para la separación de la cáscara y los cotiledones, con rendimientos de alrededor de 40 % de cada fracción, con un 20 % de material no separado, sin embargo todavía ninguno de ellos se aplica a nivel industrial. Uno de los procesos más exitosos se basa en el descascarado abrasivo de la semilla que permite obtener una fracción rica en cáscara. El equipo de abrasión consiste en molinos de piedra semejantes a los equipos de pulido de arroz. Para mejorar el rendimiento del descascarado es necesario acondicionar el grano mediante un secado previo de la semilla hasta 2.7 % de humedad, ya sea en horno caliente (52 °C por 72 horas), por microondas o en lecho fluidizado, lo que produce mejores rendimientos de proceso. Las fracciones de cáscara pueden usarse como una muy buena fuente de secoisolariciresinol (SDG), ya que además de ser ricas en fibra dietética, son ricas en lignanos y medianas en proteínas y lípidos (Oomah y Mazza 1998).

Los cotiledones que se obtienen se pueden usar para la extracción de aceite. Esta fracción tiene una mucho menor capacidad de absorción de agua y viscosidad que la harina integral de linaza (Wiesenborn *et al.*, 2003).

2.5.3 Propiedades tecnológicas

El uso potencial de ingredientes provenientes de plantas depende de la versatilidad de sus propiedades tecnológicas que se definen como cualquier propiedad de un ingrediente que tenga impacto en su utilización. Están influenciadas, tanto por diversos factores intrínsecos tales como la composición del alimento o matriz del cual se extraen, como por factores ambientales como la composición del alimento en que se incorporan. Estas propiedades afectan las condiciones de proceso, la aplicabilidad del ingrediente, el uso en la formulación o diseño de alimentos y la calidad y aceptabilidad del alimento elaborado (Martínez-Flores *et al.*, 2006).

En los últimos años ha habido un creciente interés por conocer las propiedades tecnológicas de las harinas de plantas las que están determinadas por las características físicas y químicas y la interacción entre componentes (proteínas, hidratos de carbono, pectinas, gomas).

Estas propiedades son uno de los criterios principales utilizados para decidir el uso, utilidad y aceptabilidad de las harinas en los sistemas alimenticios. Las propiedades de hidratación, dispersabilidad, densidad aparente, absorción de agua y aceite, capacidad de ligazón, hinchamiento, emulsificación, formación de espuma, gelificación y viscosidad afectan directamente las características finales del sistema alimenticio. El desempeño exitoso de una harina vegetal depende de sus características tecnológicas y de la calidad sensorial que ella imparte al producto final (Kaur y Singh, 2005).

La semilla de linaza tiene potencial para ser usada para la extracción de goma y para la producción de harina rica en proteínas y fibra. Las propiedades tecnológicas de la goma de linaza se relacionan con su alta capacidad espesante, espumante, de hinchamiento, de ligazón y emulsificante.

Estas capacidades están afectadas por el tamaño y orientación molecular, la asociación entre moléculas, el tamaño de partícula, la concentración y el grado de dispersión. La goma tiene propiedades que se asemejan mucho a las de la goma arábica y además presenta la capacidad de formar geles débiles termo-reversibles de establecimiento en frío a pH entre 6.0 y 9.0, por lo cual puede mostrar algunas propiedades de flujo al someterla a suficiente presión.

La máxima estabilidad de la espuma se logra con concentraciones de 1 %. La pureza de la goma afecta la viscosidad de la suspensión en forma significativa. Las gomas con mayor viscosidad intrínseca muestran mayor potencial para la estabilización de emulsiones aceite en agua. Se ha encontrado una alta variabilidad

genética, así como también un marcado efecto de las condiciones ambientales y de cultivo en la propiedades reológicas de la goma de linaza (Daun *et al.*, 2003).

La harina de linaza tiene agradables características sensoriales como sabor a nuez, color dorado, buena textura que la hacen atractiva como ingrediente de diversos alimentos. Durante la elaboración de la harina se generan compuestos volátiles y se liberan algunos compuestos fenólicos que le dan un suave amargor. Sin embargo, no existe información disponible de sus propiedades tecnológicas y su comportamiento en un sistema alimenticio complejo (Hall *et al.*, 2006).

2.5.4 Uso de la linaza en la elaboración de productos

La semilla de linaza entera se puede tostar, extruir, dilatar o laminar para mejorar su aplicabilidad en diversos alimentos. El tostado a altas temperaturas, cercanas a 180 °C cambia las propiedades organolépticas de la semilla; se desarrollan nuevos aromas y sabores, disminuye su brillo, se oscurece su color ya que aumenta la participación del rojo y disminuye la del amarillo. El tostado, además, puede ayudar a la remoción de algunos compuestos antinutricionales. Sin embargo el contenido de peróxidos, propanal y hexanal aumenta durante el almacenamiento en mayor grado en las semillas tostadas que en las semillas naturales (Hall *et al.*, 2006; Martínez-Flores *et al.*, 2006).

La harina de linaza se puede usar en diversos tipos de alimentos, como productos de repostería, cereales de desayuno, “snack”, barras nutritivas, bebidas nutricionales, helados y postres. El nivel de harina de linaza que se puede incorporar en la elaboración de alimentos está determinado por los cambios organolépticos y tecnológicos que ocurran en ellos (Hyvärinen *et al.*, 2006a).

El éxito en el fraccionamiento de la semilla en sus diferentes componentes, puede aumentar los niveles de incorporación en los alimentos. Todavía no hay suficiente información acerca de las condiciones de proceso que mejoren las

características de las harinas y su impacto en la calidad de los productos elaborados (Hyvärinen *et al.*, 2006a; Oomah, 2006).

En experiencias realizadas en panificación se encontró que al agregar 5 % de harina de linaza, la firmeza de la masa se mantiene, aumenta la absorción de agua y la curva del farinograma se debilita. La firmeza del pan aumenta y disminuye la calidad de la miga y la corteza, pero su volumen es mayor y tiene mayor vida útil; por otra parte no se observaron cambios en el contenido de lignanos. En el caso de “muffins”, con 10 % de harina de linaza, se logran productos con buena apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad (Ramcharitar *et al.*, 2005).

Considerando la temperatura interna de los productos horneados, es esperable que no ocurra un daño significativo en los componentes de mayor valor nutricional de la linaza tales como ALA, lignanos, goma, fibra y proteína, lo cual se ha confirmado parcialmente en forma experimental (Morris y Vaisey-Genserb 2003).

2.5.5 Cocinando la linaza

La linaza es consumida ampliamente debido a sus componentes nutricionales, especialmente el ácido alfa-linolénico (AAL) y los lignanos. Ambos se ajustan bien al proceso de cocción, horneado y tostado.

El AAL puede resistir las temperaturas del horneado. Un estudio comprobó que el calentamiento de linaza entera y linaza molida a 100 °C ó 350 °C (212 °F ó 660 °F) por 1 hora, tenía un efecto muy bajo en la composición de sus ácidos grasos ó su oxidación.

Más aún, no se encontró evidencia alguna de la formación de nuevas *trans*-formas de AAL u otros ácidos grasos derivados (no deseables), después de este severo tratamiento de calor (Ratnayake WMN, Behrens WA, Fischer PWF, *et al.* 1992). En otros dos estudios en los que se agregó linaza molida a mezclas de harina para

panqués, el contenido de AAL se mantuvo prácticamente igual después de ser horneados. Cabe destacar que en uno de los casos, el tiempo de horneado duró hasta dos horas bajo una temperatura de 178 °C (350 °F) (Manthey FA, Lee RE, Hall III CA. 2002).

El lignano de la linaza, secoisolariciresinol diglicosido (SDG), es estable durante el horneado (Muir AD, Westcott ND. 2000). En un estudio sobre la estabilidad del SDG, no se encontraron diferencias en el contenido de SDG de la cubierta y las migajas del pan horneado, lo cual indica que el SDG sobrevive las altas temperaturas a las que queda sujeta la cubierta durante el proceso de horneado (Muir AD, Westcott ND. 1996).

2.6 Seguridad de la linaza

Como muchos otros productos vegetales que incluimos en nuestra dieta, la linaza contiene algunos compuestos que influyen en la absorción de los nutrientes en el cuerpo ó cuyos beneficios para la salud se encuentran actualmente bajo estudio (Martin KR. 2006).

2.6.1 Glucósidos cianogénicos

Los glucósidos cianógenos son un grupo de sustancias naturales que se encuentran en las plantas que liberan cianuro, un compuesto que es venenoso cuando es degradado por las enzimas ó ácidos orgánicos.

Miles de plantas producen compuestos cianógenos, incluyendo varios cultivos agrónomicamente importantes como el maíz, el arroz con cáscara, la cebada, el trigo, el centeno, la caña de azúcar, el mango, el cacahuate, las habas de lima, las ramas de bambú, el sorgo, la linaza, las manzanas y las frutas de hueso como los duraznos, las ciruelas, las cerezas y los chabacanos.

Otras fuentes alimenticias del cianuro son la vitamina B12 (vitamina esencial para el crecimiento de las células), y los tiocianatos, los cuales se pueden encontrar de manera natural en la leche, la cerveza y los vegetales verdes (Vetter J. 2000).

Los tiocianatos son un producto derivado de los glucósidos cianógenos y de los glucosinolatos que se encuentran en el mijo y en los vegetales crucíferos como la col, el brócoli, la coliflor, el bretón, la mostaza, el nabo, el rábano y el rábano picante (Dorea JG. 2004).

El tiocianato puede actuar como goitrogen, lo cual significa que este compuesto bloquea el paso del yodo a través de la glándula tiroide. Cuando la dieta es muy alta en goitrogens, la glándula tiroide se hincha para atrapar la mayor cantidad de yodo posible, formando un bocio ó protuberancia en el cuello (Whitney EN, Rolfes SR. 2005).

No existe evidencia alguna de que el consumo de linaza produzca síntomas de bocio. El bocio no es un problema de salud en donde el consumo de yodo es adecuado y es muy raro en Norte América (Cameron AT. 1930).

Por otra parte, el consumo de productos horneados con linaza parece tener un efecto mínimo en los niveles de tiocinatos urinarios. En un estudio canadiense, los niveles de tiocinatos urinarios no fueron mayores en mujeres saludables que consumieron panques con linaza diariamente por 4 semanas. Este hallazgo sugiere que el riesgo de bocio no se incrementó (Cunnane SC, Ganguli S, Menard C, *et al.* 1993).

El consumo de cantidades moderadas de linaza (1 a 2 cucharadas.) al día, no debe representar riesgo alguno a la salud de los norteamericanos, quiénes tienen un consumo adecuado de proteínas y yodo. En varios estudios clínicos, algunos individuos consumieron diariamente panques con 50 g. (5-6 cucharadas) de linaza molida diariamente por hasta un lapso de 6 semanas, sin mostrar algún síntoma de enfermedad.

Los panques hechos a base de linaza molida no mostraron rastro alguno de glucósidos cianógenos, lo que sugiere que su cocción destruyó la enzima que metaboliza los glucósidos. Las nuevas investigaciones sugieren que algunos glucósidos cianógenos tienen efectos antitumores. En un estudio de cáncer de piel en ratones, seis glucósidos cianógenos comunes disminuyeron el número de ratones con tumores entre un 13 % y un 33 %, y tuvieron una potencia equiparable a aquella observada en el compuesto fenólico anticancerígeno que se encuentra en el té verde (Fukuda T, Ito H, Mukainaka T, *et al.* 2003).

2.6.2 Nutrientes antagonistas

La linaza contiene dos compuestos (el ácido fítico y el oxalato) que adhieren calcio, cobre, hierro, magnesio y zinc para formar compuestos insolubles en el intestino. La linaza contiene menos de 10 mg de oxalato/kg y cerca de 0.8-1.5 % de ácido fítico en peso de semilla.

La cantidad de ácido fítico en la linaza es comparable a aquel encontrado en cacahuates y frijoles de soya. El ácido fítico se distribuye ampliamente en alimentos vegetales. En algunos estudios aplicados a ratas que tenían un consumo desbalanceado de fitatos, calcio y zinc, se demostró que su crecimiento se disminuyó, así como sus niveles de zinc en los huesos. No obstante, se demostró que los niveles de zinc en los huesos de las ratas no se modificaban, al ser alimentadas con varios niveles de linaza (es decir varios niveles de fitatos) por 90 días. Los estudios más recientes han demostrado que al menos en las ratas, el ácido fítico disminuye la glucosa de la sangre y reduce la incidencia de cáncer de colon (Daun JK, Barthelet VJ, Chornick TL, Duguid S. 2003).

2.6.3 Alergia a los alimentos

La alergia a la linaza parece ser muy rara, ya que solo se reportan pocas reacciones alérgicas a la linaza en la literatura médica. Las causas de la alergia a la linaza no son conocidas. Asimismo, no existe información sobre la reactividad cruzada entre la linaza y otros alergénicos. La linaza es una oleaginosa y tiene una clasificación taxonómica diferente a otros productos como los cacahuates, los cuales pertenecen al género de las leguminosas. Aquellos individuos que sospechen tener una alergia a la linaza, deberían consultar a sus médicos (Black WC. 1930).

2.7 La linaza y la prevención del cáncer

2.7.1 Visión general del proceso del cáncer

El cáncer es un grupo de enfermedades caracterizadas por un crecimiento desmesurado (proliferación) y diseminación (metástasis) de células anormales. El cáncer se desarrolla a través de un proceso complejo que involucra muchos cambios graduales y pequeños en el comportamiento de las células normales (Barnard RJ. 2004).

Algunos factores internos como las hormonas y un ADN hereditario dañado (llamado mutaciones genéticas) también contribuyen al desarrollo del cáncer. Cerca del 30 % al 40 % de los casos de cáncer alrededor del mundo pueden ser atribuidos a dietas no saludables y a un modo de vida sedentario (Popkin BM. 2007).

2.7.2 La linaza y el proceso del cáncer

La linaza contiene tres elementos que pueden reducir el riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer: el ácido alfa-linolénico (AAL), que es el ácido graso esencial omega-3; los lignanos, que son fitoestrógenos y antioxidantes; y la fibra dietética.

Las acciones del AAL, los lignanos y la fibra dietética, pueden inhibir ciertos procesos del cáncer como se describe a continuación:

AAL. El AAL altera de forma importante la composición de ácido graso de las membranas de las células e inhibe la liberación de eicosanoides pro-inflamatorios, los cuales entre muchos otros factores, controlan el crecimiento y la invasión de células tumorosas y modulan el ciclo de muerte de las células (denominado apoptosis) (Zhou J-R, Blackburn GL. 1997).

SDG. El secoisolariciresinol diglicosido (SGD) que es el principal lignano de la linaza, funciona como fitoestrógeno y antioxidante (Thompson LU. 2003).

FIBRA. Los alimentos ricos en fibra dietética son fuentes de sustancias bioactivas como los antioxidantes, que pueden inhibir el proceso del cáncer.

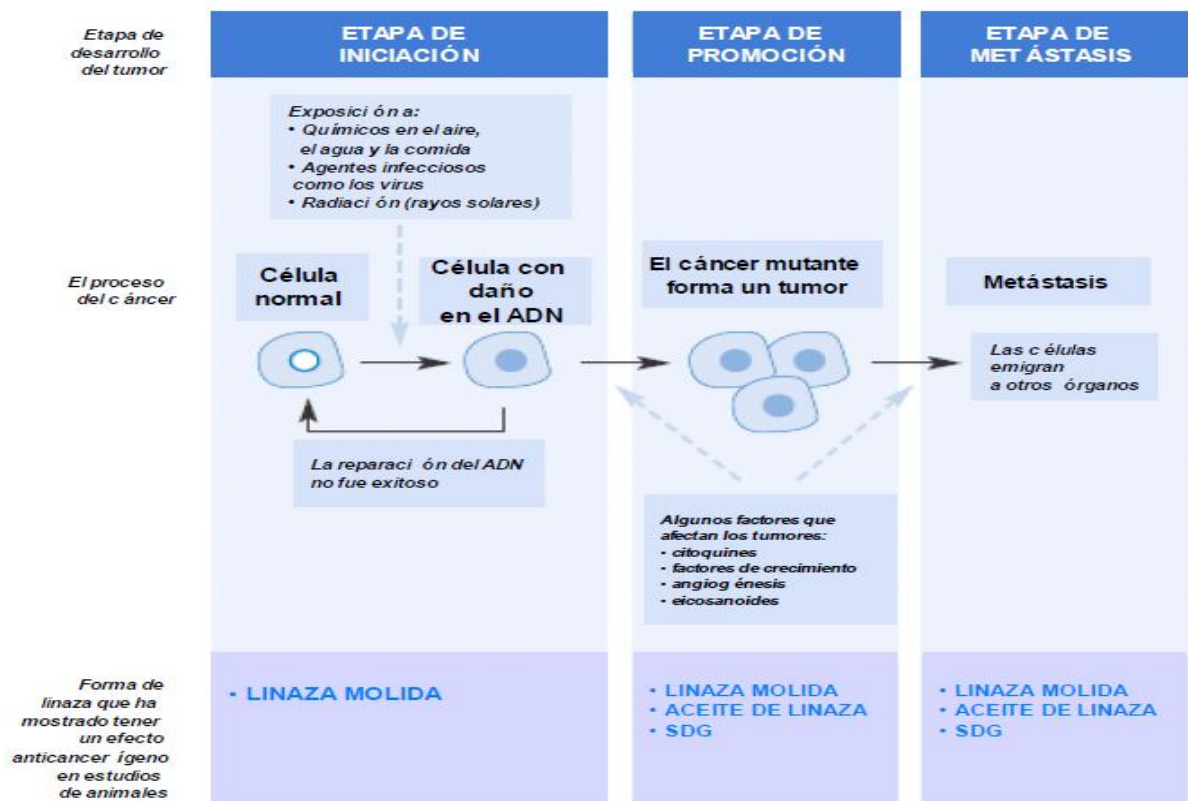


Figura 2. Los efectos de la linaza en el proceso del cáncer

Abreviaturas: SDG, secoisolariciresinol diglicosido, DNA, material genético que se encuentra dentro del núcleo de la célula. Fuente: Barnard RJ. 2004.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de sitio experimental

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud norte y 101° 01' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1754 msnm.

3.2 Materia prima

- Harina de linaza
- Harina de trigo integral (harina para Hot Cakes integral)
- Leche (entera pasteurizada “Lala”)
- Sal de mesa (la Fina)
- Miel de abeja (members)
- Margarina (primavera sin sal)
- Huevos (San Juan)
- Vainilla (ciervo)
- Canela molida
- Nuez (corazón)
- Rexal (ProMesa)

Materiales y equipo

- Crisoles de porcelana
- Pinzas para crisol
- Desecadores con silica gel
- Estufa de secado marca THELCO modelo 27
- Mufla marca THERMOLYNE modelo 1500
- Balanza Explorer OHAUS
- Espectrofotómetro marca HELIOS
- Tubos de ensaye

- Aparato Kjeldhal labconco
- Matraz Kjeldhal de 800 ml
- Perlas de vidrio
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml
- Probeta Kimax de 25 ml
- Extractor Soxhlet
- Matraz redondo fondo plano, boca esmerilada
- Cartucho poroso de celulosa
- Algodón
- Parrilla eléctrica
- Regulador de voltaje
- Solvente: hexano
- Vaso de Bercellus de 600 ml
- Filtros de tela de lino
- Embudos de vidrio
- Aparato de reflujo labconco

3.2.1 Elaboración de panes

Se elaboraron diferentes formulaciones con las siguientes cantidades de harina: 97:3, 95:5 y 90:10 HI:HL (HI: Harina Integral; HL: Harina Linaza), después de pesar cuidadosamente todos los ingredientes, se añadieron primero sólidos y después líquidos, se homogeniza, hasta crear una distribución uniforme de todos los ingredientes y formar la masa, se deja reposar por un periodo de 10 minutos , transcurrido el tiempo se vierten en moldes y se colocan en un compartimiento apropiado para los panes, finalmente se pasan al horno previamente precalentado a una temperatura de 220°C donde permanecerán los panes por un periodo de 15 minutos.



Figura 3: Presentación del producto terminado

3.3 Metodología experimental

Al finalizar de elaborar los panes se determina el contenido nutricional (materia seca total, cenizas totales, fibra cruda, fibra dietética, extracto etéreo, proteína y azúcares totales) mediante análisis proximal (AOAC, 1990).

3.3.1 Determinación de materia seca total o sólidos

1. Sacar un crisol de porcelana de la estufa, utilizando unas pinzas, que este a peso constante e identificarlo con el número que se encuentra en este.
2. Ponerlo en un desecador para enfriar por un tiempo de 15 a 20 minutos.
3. Pesar los crisoles en la balanza analítica.
4. Por separado, pesar 2 gramos de muestra seca sobre un papel limpio.
5. Poner la muestra en el crisol y mantenerla en la estufa durante 48 horas.
6. Pasado el tiempo, sacar la muestra de la estufa y enfriarla en un desecador durante 15 a 20 minutos.
7. Pesar.
8. Registrar el peso.
9. Calcular

$\% \text{MST} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{Gramos de muestra}} * 100$

Gramos de muestra

$\% \text{H} = 100 - \% \text{MST}$

3.3.2 Determinación de cenizas totales (minerales)

1. A la muestra que se utilizó en la determinación de materia seca total, después de haberla pesado, se pre incineró en un mechero o parrilla eléctrica, a baja temperatura para evitar salpicaduras.
2. Retirarlo hasta que deje de sacar humos.
3. Pasar a la mufla por un periodo de tiempo de 2 a 3 horas.
4. Sacar de la mufla enfriar 30 minutos en el desecador.
5. Pesarse.
6. Calcular.

$$\%C = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol solo} * 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

$$\%C/\%MST * 100 = \text{valor de cenizas ajustado en base al \% MST}$$

3.3.3 Determinación de extracto etéreo o grasa total (método Soxhlet)

1. Pesarse 5 gramos de muestra seca sobre papel filtro.
2. Depositar en un cartucho poroso de celulosa y cubrirla con algodón.
3. Depositar lo anterior en un sifón.
4. Sacar un matraz redondo, fondo plano y boca esmerilada de la estufa que este a peso constante, enfriar por 15 minutos y pesarse.
5. Al matraz redondo adicionar hexano hasta la mitad del matraz.
6. Acoplar el refrigerante del dispositivo Soxhlet.
7. Extraer por un periodo de 10 horas, contando el tiempo a partir de cuando empiece a hervir.
8. Al finalizar la extracción se evapora el solvente con un rotavapor.
9. Poner a peso constante nuevamente el matraz en la estufa por un espacio de 12 horas.
10. Trascorrido el tiempo, sacar, enfriar y pesarse.
11. Calcular.

$$\% EE = (\text{Peso del matraz con grasa} - \text{Peso del matraz solo})/\text{gramos de muestra} * 100$$

$\%EE / \%MST * 100 =$ valor de grasa ajustado en base al $\% MST$

3.3.4 Determinación de fibra cruda

1. Pesar 2 gramos de muestra la cual ya se desengraso.
2. Poner la muestra en un vaso de Bercellus.
3. Agregar 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.225 N.
4. Conectar al aparato de reflujo por un periodo de 30 minutos, contando a partir de cuando empieza a hervir, al hervir bajar la temperatura, para que se mantenga en ebullición suave.
5. Trascurrido el tiempo sacar y filtrar a través de una tela de lino y lavar con tres porciones de 100 ml de agua destilada caliente y hacer prueba de papel tornasol para verificar presencia de ácido.
6. Pasar la fibra (residuo que quedo en la tela de lino) al vaso de Bercellus con 100 ml de solución de hidróxido de sodio 0.313 N y conectar al aparato de reflujo por 30 minutos.
7. Trascurrido el tiempo sacar y filtrar a través de lino y lavar con tres porciones de agua destilada caliente y hacer prueba de papel tornasol para evitar si hay presencia de reacción alcalina.
8. Escurrir el exceso de agua en la tela de lino.
9. Sacar la tela de lino del embudo, extender y retirar la fibra con una espátula y depositarla en un crisol de porcelana.
10. Poner a peso constante en la estufa a 100-103 °C por 12 horas.
11. Trascurrido el tiempo sacar de la estufa, enfriar y pesar.
12. Preincinerar la muestra en parrillas y meter a la mufla a 600°C por 3 horas.
13. Trascurrido el tiempo, sacar, enfriar y pesar.
14. Calcular.

$\%FC = (\text{Peso del crisol con fibra seca} - \text{Peso del crisol con fibra ceniza}) / \text{g de muestra} * 100$

$\%FC / \%MST * 100 =$ $\%FC$ ajustado al $\%MST$

3.3.5 Determinación de fibra dietética

1. Pesar 0.5 gramos de muestra molida.
2. Transferir a un vaso de Bercellus de 600 ml.
3. Agregar 50 ml de solución neutro detergente.
4. Conectar al aparato de reflujo por un periodo de tiempo de 1 hora a partir de cuando empiece a hervir, bajar la temperatura para que este a ebullición baja y constante.
5. Trascorrido el tiempo, filtrar con ayuda de vacío y a través del crisol de vidrio capa porosa.
6. Enjuagar con agua destilada caliente, para quitar el exceso de la solución neutra, hasta que ya no haga espuma.
7. Poner en la estufa a secar a una temperatura de 100-103 °C.
8. Sacar de la estufa, enfriar en desecador por 5 minutos y pesar.
9. Calcular.

$\% \text{ FND} = (\text{peso del crisol con fibra} - \text{peso del crisol solo}) / \text{gramos de muestra} * 100$

3.3.6 Determinación de proteínas por el método de Macro Kjeldhal

Digestión

1. Pesar 1 gramo de muestra sobre el papel filtro.
2. Pasarlo a un matraz Kjeldhal de 800 ml.
3. Agregar 4 perlas de vidrio.
4. Poner 1 cucharada de catalizador (mezcla reactiva de selenio).
5. Adicionar 30 ml de ácido sulfúrico concentrado.
6. Conectar al aparato Kjeldhal en la sección de digestión.

Destilación

1. Diluir con 300 ml de agua destilada el resultado de la digestión.
2. Enfriar.

3. En un matraz Erlenmeyer de 500 ml agregar 50 ml de ácido bórico al 4 % y 6 gotas de indicador mixto (rojo de metileno y verde de bromocresol).
4. Agregar al matraz Kjeldhal 110 ml de hidróxido de sodio al 45 % y 6 granallas de zinc, no agitar.
5. Conectar a la parte destiladora del Kjeldhal, abrir la llave de agua.
6. Recibir 250 ml de destilado.

Titulación

1. Titular con ácido sulfúrico 0.1 N vire de color azul a rojo.
2. Realizar cálculos

$$\%N = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{ml blanco}) (\text{normalidad del ácido}) (\text{milieq N})}{\text{Gramos de muestra}} * 100$$

Gramos de muestra

Miliequivalente de N= 0.14

% P= (%N) (6.25 factor de conversión)

3.3.7 Determinación de azúcares totales “Método colorimétrico para la determinación de azúcares y sustancias relacionadas” de Dubois, M. Guilles, K.A. Hamilton. Anal. Chem. 28:530.

Preparación de la muestra

1. Pesar 1 gramo de muestra.
2. Licuarlo con 40 ml de agua destilada.
3. Filtrar.

Preparación de la muestra madre 0.01g de azúcar (sacarosa) y disolver en 10 ml de agua destilada.

Curva

Tubos	0	1	2	3	4	5
Muestra sol. Madre (sacarosa)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Agua destilada (ml)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Fenol sulfúrico(ml)	2	2	2	2	2	2

Concentración	Absorbancia
0	0
0.2	0.188
0.4	0.386
0.6	0.632
0.8	0.804
1	1.1

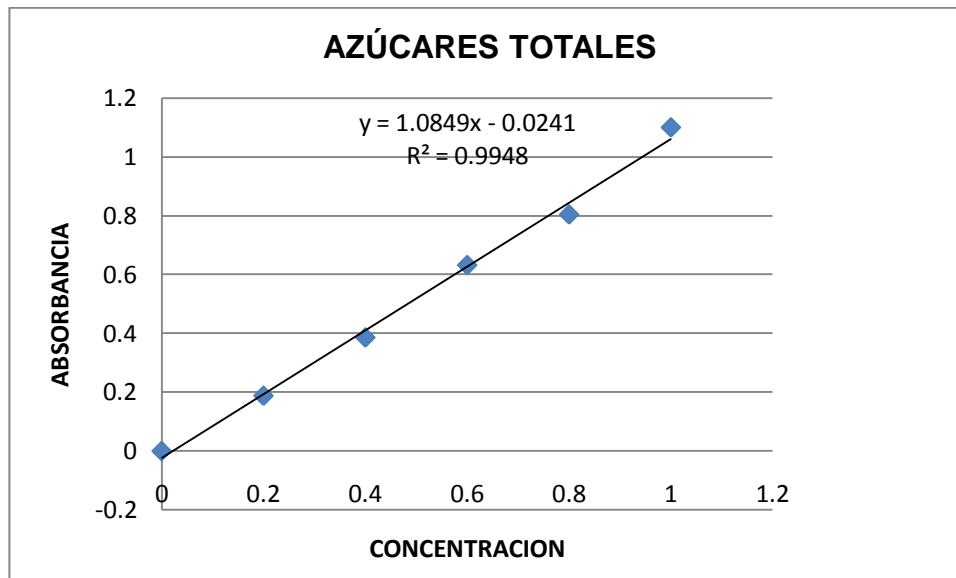


Figura 4: Curva de concentración de azúcares

Reactivos

Solución de ácido sulfúrico concentrado con fenol a una concentración de 1 mg/ml y debe usarse durante las 24 horas iniciales de la preparación. (0.018 gramos de fenol en 18 ml de ácido sulfúrico concentrado).

1. En un baño con hielo se colocan los tubos, se adiciona 1 ml de muestra a analizar, se temperiza por 1 minuto.
2. Se adicionan 2 ml de fenol sulfúrico dejando caer lentamente por las paredes del tubo; para no quemar la muestra, agitar en el baño de hielo los tubos (cuando se agita se forma la coloración) amarillo si la muestra no tiene alto contenido de azúcares y café si la muestra tiene alto contenido.
3. Poner en baño a ebullición por 5 minutos.
4. Se retiran del baño y se enfrían a temperatura ambiente.
5. Leer absorbancia a 480 nm.

3.4 Función de los ingredientes requeridos para la elaboración de pan de linaza

Leche

- Da color a la corteza (la lactosa se carameliza)
- Le da una textura suave al pan.
- Mejora su sabor.
- Eleva su valor nutritivo.
- Aumenta la absorción de agua.
- Aumenta la conservabilidad ya que retiene la humedad.

Margarina

- Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante.
- Aumenta el valor alimenticio.
- Mejora la conservación, la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan.

Miel

- Sirve de alimento para la levadura.
- Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua.
- El azúcar es higroscópico, absorbe humedad y trata de guardarse con el agua. Le da suavidad al producto

Canela

- Aporta sabor y aroma al pan.

Vainilla:

- Es utilizada para dar sabor y un rico aroma a postres.

Sal

- Mejora el sabor, fortalece el gluten, puesto que le permite a la masa retener el agua y el gas.
- Controla o reduce la actividad de la levadura, ejerce una acción bactericida, no permite fermentaciones indeseables dentro de la masa.

Huevo

- Contribuye a la capacidad de retención de gas y contenido proteico de la masa.
- Fuente de brillo en la corteza.

Rexal:

- Es una levadura química de doble acción que se usa para aligerar la masa e incrementar el volumen de productos horneados como pasteles, bisquites y panqués.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca

El análisis de varianza (ANVA), mostró diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre los tratamientos. Los resultados de la comparación de medias, en base a la prueba de diferencia mínima significativa (Tukey) ($P \leq 0.05$), señalan que los tratamientos linaza 3% y linaza 5% son estadísticamente iguales con 71.48 % y 70.66 % respectivamente, teniendo estos el mayor contenido de sólidos, mientras que el pan con contenido de linaza 10 % tiene el 69.22 % de sólidos y el testigo 67.62 %.

Cuadro 7: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de materia seca

Tratamiento	Materia seca (%)
Testigo	67.62 c
Linaza 10%	69.22 b
Linaza 5%	70.66 a
Linaza 3%	71.48 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

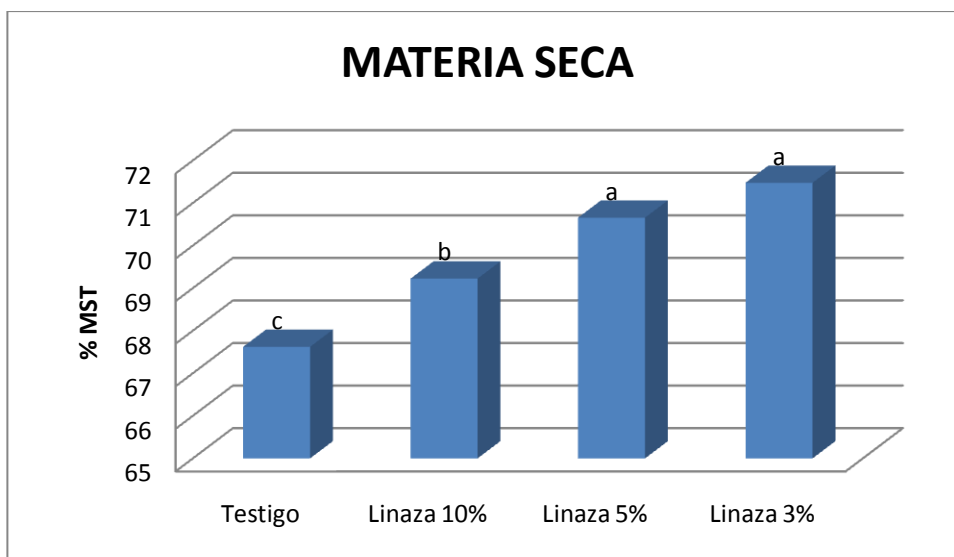


Figura 5: Resultados del análisis de materia seca

Humedad

De acuerdo al ANVA, las formulaciones mostraron diferencia significativa ($P > 0.0001$), se obtuvo que el porcentaje de humedad entre linaza 3% y linaza 5% son estadísticamente iguales teniendo un 28.52 % y 29.34% de humedad respectivamente, mientras que el contenido de humedad en la formulación de linaza al 10% es de 30.78 % y en el testigo es de 32.28%.

Cuadro 8: Valores promedios de las variables obtenidas en el análisis de humedad

Tratamiento	Humedad (%)
Linaza 3%	28.52 c
Linaza 5%	29.34 c
Linaza 10%	30.78 b
Testigo	32.28 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

La determinación de humedad es uno de los análisis más importantes, ya que nos muestra la cantidad de agua presente en el alimento, entre más agua contenga el alimento es muy probable que proliferen microorganismos lo cual hace que el alimento se descomponga.

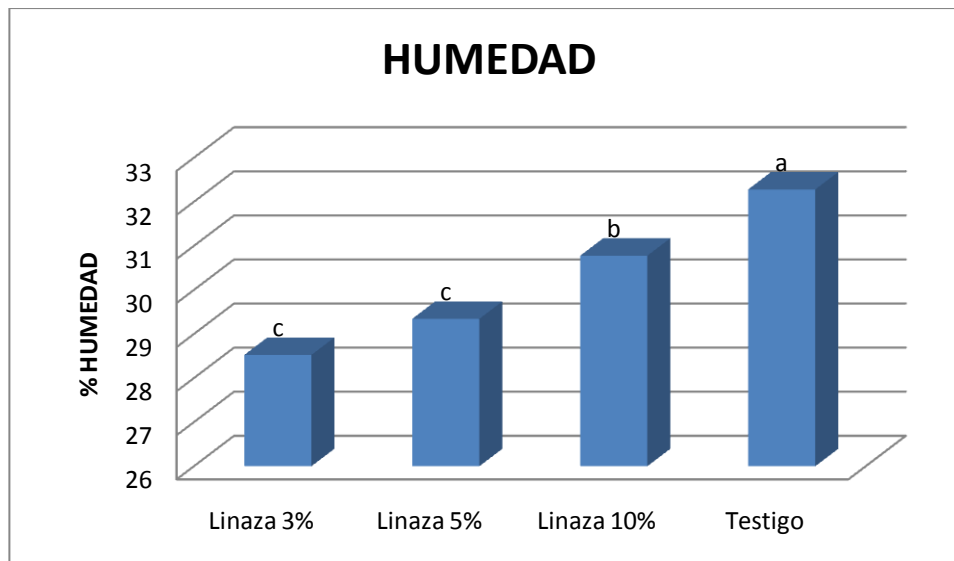


Figura 6: Resultados del análisis de humedad

Cenizas (minerales)

De acuerdo al ANVA, las formulaciones no mostraron diferencia significativa ($P < 0$) por lo que estadísticamente las formulaciones de linaza 3 %, 5 % y 10% son iguales.

Cuadro 9: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de cenizas

Tratamientos	Cenizas (%)
Testigo	1.57 b
Linaza 10%	5.23 a
Linaza 3%	5.32 a
Linaza 5%	5.41 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

Según Anonymous. 2001. El contenido de minerales en la semilla de linaza es de 3.4 %, en el experimento realizado con tres concentraciones diferentes se muestra que tienen similitud mas sin embargo estos valores están por encima de lo que este autor cita, esto se debe a que el pan es una mezcla de linaza con la harina de trigo y sus demás componentes, lo que hace que se incremente su valor y el pan sea más rico en minerales.

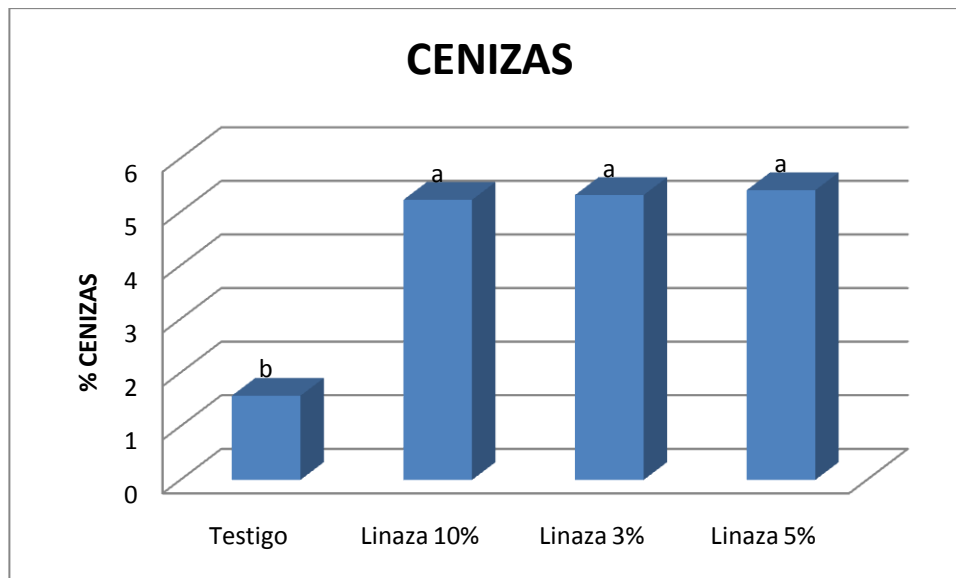


Figura 7: Resultados del análisis de cenizas (minerales)

Extracto etéreo (grasa)

El ANVA de las diferentes formulaciones mostraron diferencia significativa ($P < 0.0002$). Los resultados de la comparación de medias indican que estadísticamente el testigo con 22.02 %, linaza 5 % con 22.16 % y linaza 10 % con 22.20 % son iguales, mientras que el que reporto menor cantidad de grasa es linaza 3% con solo 20.49 %.

Cuadro 10: Valores promedios de las variables obtenidas en el análisis de extracto etéreo

Tratamiento	Grasa (%)
Linaza 3%	20.49 b
Testigo	22.02 a
Linaza 5%	22.16 a
Linaza 10%	22.20 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

Según Anonymous 2001. La cantidad de grasa en semillas de linaza es de 41 %, sin embargo en los resultados obtenidos en esta investigación oscilan entre 20 y 22% de grasa, esto es debido a que al elaborar los panes se utilizo la harina de linaza. Durante el proceso de molienda de la semilla de linaza se pierde gran parte de la grasa, se debe tener en cuenta que la semilla es rica en grasa y algunas de las razones por las cuales puede haber una pérdida de este componente es el tipo de molino y según Wiesenborn *et al*, 2003 en el molino de rodillos partes del grano se adhieren a el debido al alto contenido de grasa, por lo que es recomendable utilizar molinos cortadores centrífugos y molinos de martillos donde hay una perdida menor de sus componentes.

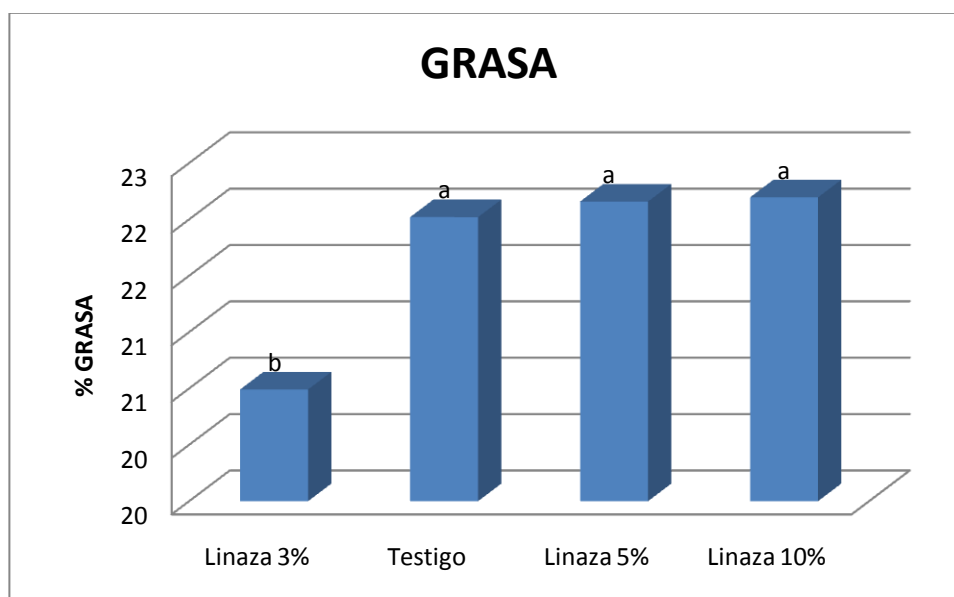


Figura 8: Resultados del análisis de extracto etéreo (grasa)

Fibra cruda

Al realizar el ANVA, se obtuvo una significancia ($P < 0.0002$). Los resultados en la comparación de medias ($P \leq 0.05$), nos arrojaron que el tratamiento linaza 10 % contiene la más alta cantidad de fibra cruda con un 3.27 %, seguido por los tratamientos de 3 % y 5 % donde estadísticamente no hay diferencia significativa y el testigo no mostró presencia de fibra cruda.

Cuadro 11: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra cruda

Tratamiento	Fibra cruda (%)
Testigo	0.00 c
Linaza 5%	1.48 b
Linaza 3%	1.54 b
Linaza 10%	3.27 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

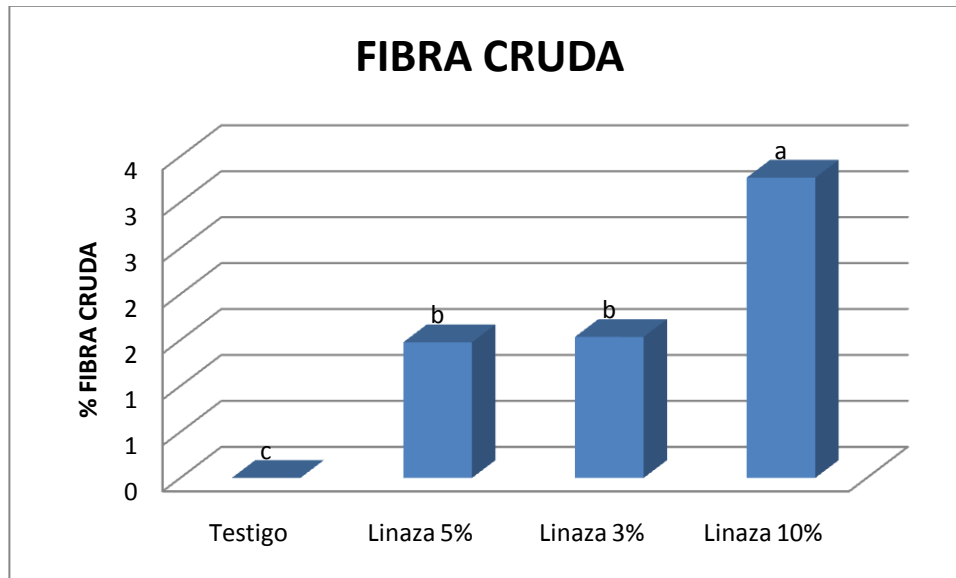


Figura 9: Resultados del análisis de fibra cruda

Fibra dietética

Para el ANVA de este componente se mostró que no existe una diferencia significativa ($P < 0.00$). Los resultados en la comparación de medias ($P \leq 0.05$), arrojaron que el tratamiento con mayor cantidad de fibra dietética es linaza 10%, seguido por linaza 5 % y linaza 3% donde estos dos son estadísticamente iguales, y por último el testigo que solo contiene el 5% de fibra dietética.

La materia prima principal en los panes es la harina de trigo por lo que el testigo solo mostró el contenido de fibra dietética de este componente, por el contrario en los tres diferentes tratamientos se mostró que al 3 y 5 % son estadísticamente iguales, esto se debe a que la cantidad de linaza agregada varía solo 2 gramos entre los tratamientos. A diferencia de los panes elaborados con el 10%, donde aumenta significativamente el contenido de fibra dietética.

Cuadro 12: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra dietética

Tratamiento	Fibra dietética (%)
Testigo	5.00 c
Linaza 3%	42.84 b
Linaza 5%	43.46 b
Linaza 10%	45.54 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

Según Warrand J, Michaud P, Picton L, *et al.* 2005, el 28 % del peso de la linaza es fibra, la cual está compuesta por celulosa, mucílagos y lignina, en la presente investigación el contenido de linaza varió dependiendo de la concentración de esta, teniendo como mayor concentración al tratamiento con el 10 % con 45.54 % de fibra dietética. Esto es debido a que además de la harina de linaza también se agregó harina integral la cual contiene un alto contenido de fibra.

Según Brennan CS. 2005, la fibra dietética tiene varias propiedades que favorecen a la salud ya que actúan como agente esponjante en el intestino, gracias a esto ayuda a controlar el apetito, controla la glucosa en sangre, reduce los lípidos de la sangre. Y además puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades del corazón, diabetes y obesidad. Por lo que el consumo de pan de linaza con cualquiera de las tres concentraciones aporta una cantidad adecuada de fibra, la cual contribuirá a llevar una dieta más saludable.

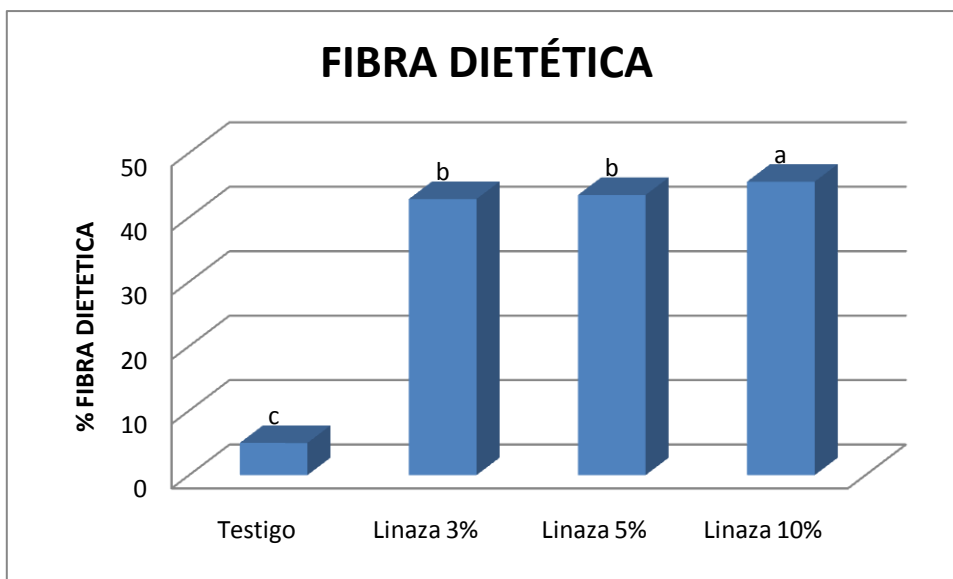


Figura 10: Resultados del análisis de fibra dietética

Proteína

Según el ANVA, las diferentes formulaciones mostraron diferencia significativa ($P < 0.2$). En el análisis de comparación de medias ($P \leq 0.05$), indica que el tratamiento con mayor porcentaje de proteína es linaza 3%, seguido por linaza 5% y 10% estos dos últimos con la misma cantidad de proteína, sin embargo estadísticamente los tres tratamientos son iguales. Y al compararlos con el testigo hay una diferencia significativa ya que contiene menor cantidad de proteína.

Cuadro 13: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de proteína

Tratamiento	Proteína (%)
Testigo	1.70 b
Linaza 10%	2.14 a
Linaza 5%	2.14 a
Linaza 3%	2.22 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

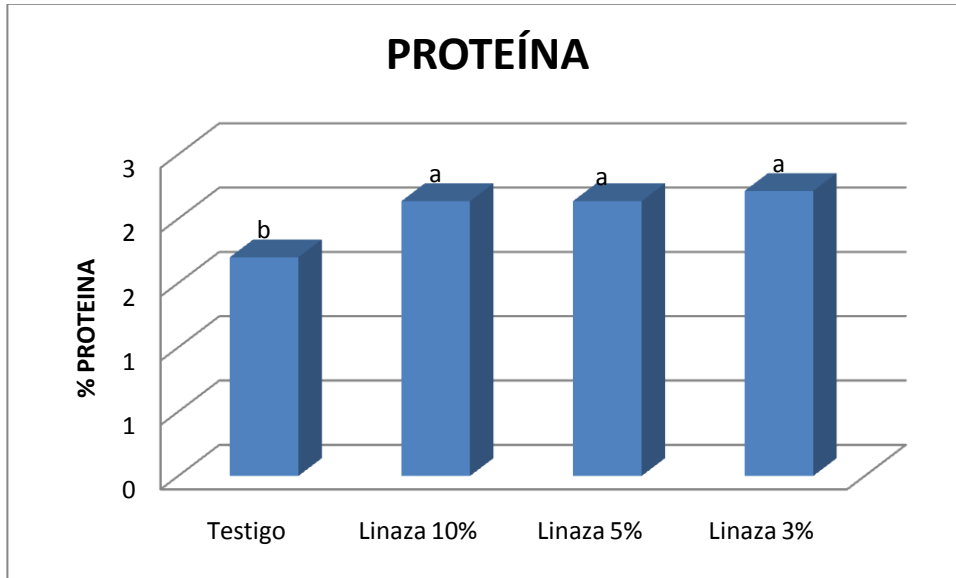


Figura 11: Resultados del análisis de proteína

Azúcares totales

En el ANVA, no se mostró diferencia significativa ($P < 0.00$). Y los resultados en la comparación de medias ($P \leq 0.05$) arrojaron datos en los cuales los tres tratamientos con linaza no fueron diferentes por lo que estadísticamente son iguales, teniendo solamente 0.27 g de azúcares en 1 g de muestra de pan del primer tratamiento que es linaza al 3 %. A diferencia del testigo que tiene una cantidad muy grande de azúcares; la cantidad de azúcares en los tres tratamientos se debe a que durante el experimento se modificó la receta original obteniendo como resultado un descenso en el contenido de azúcares.

Cuadro 14: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de azúcares totales

Tratamiento	Azúcares totales (g/g)
Linaza 3%	0.27 b
Linaza 10%	0.28 b
Linaza 5%	0.28 b
Testigo	11.64 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

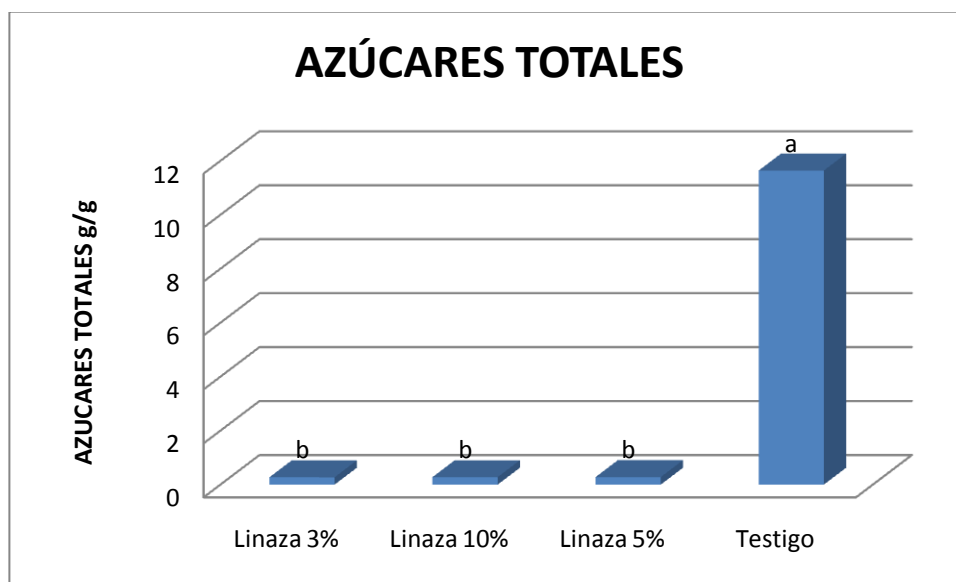


Figura 12: Resultados del análisis de azúcares totales

Carbohidratos

De acuerdo al ANVA, las formulaciones mostraron diferencia ($P < 0.00001$). Los resultados de la comparación de medias ($P \leq 0.05$), señalan que todos los tratamientos de linaza son estadísticamente diferentes, teniendo al testigo con mayor cantidad de carbohidratos, seguido del tratamiento con linaza al 3%, posteriormente al 5 % y con menor cantidad el tratamiento con linaza al 10 %.

Cuadro 15: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de carbohidratos

Tratamiento	Carbohidratos (%)
Linaza 10%	67.17 d
Linaza 5%	68.82 c
Linaza 3%	70.44 b
Testigo	74.71 a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

La cantidad de carbohidratos totales que contienen los tres tratamientos se deben a todos los distintos componentes del pan, ya que según Anonymous. 2001, la linaza solo aporta 1g de carbohidratos por 100 g de linaza.

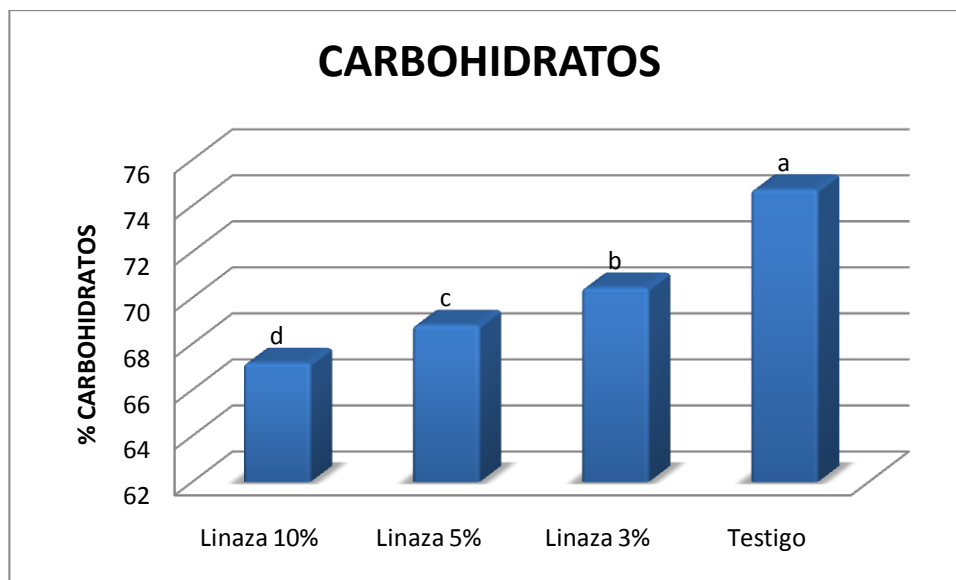


Figura 13: Resultados del análisis de carbohidratos

Contenido calórico

De acuerdo al ANVA, las formulaciones mostraron diferencia significativa ($P < 0.00002$). Los resultados de la comparación de medias ($P \leq 0.05$) nos muestran que los tratamientos linaza 3 % y 10% son estadísticamente iguales teniendo la menor cantidad de calorías, seguido por linaza 5 %, y el testigo tiene la cantidad más alta de calorías.

Cuadro 16: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis del contenido calórico

Tratamiento	Kcal/g
Linaza 3%	4.75 c
Linaza 10%	4.77 c
Linaza 5%	4.83 b
Testigo	5.04b a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$)

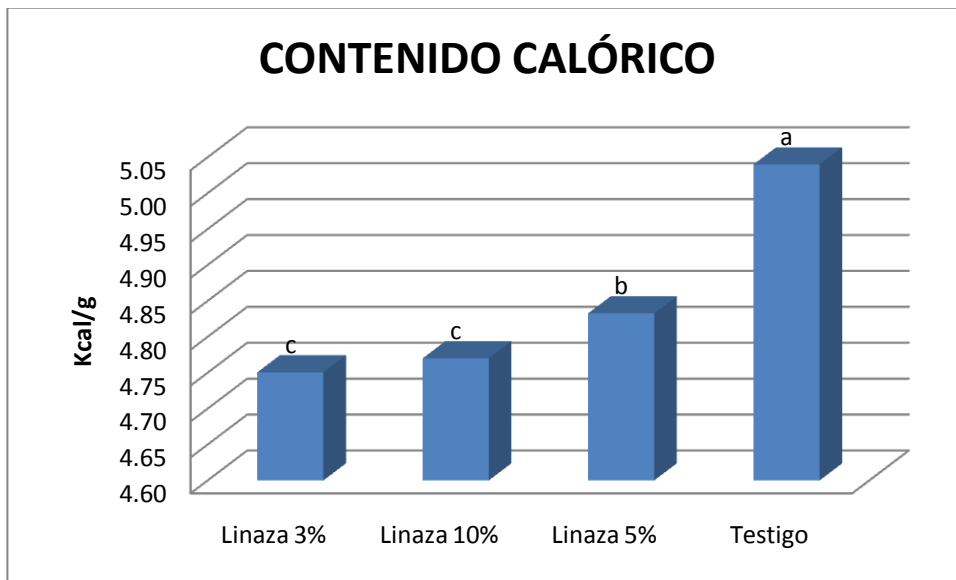


Figura 14: Resultados del análisis del contenido calórico

V. CONCLUSIONES

Se desarrollo un producto de panificación con un alto valor nutricional utilizando mezclas de harina de trigo integral y harina de linaza, la cual mantiene las características físicas del pan comercial, y mostró un aumento en cuanto a su composición química, en el cual se mantuvieron las características funcionales de la linaza.

De acuerdo al análisis bromatológico, las mezclas elaboradas con harina de linaza al 5 y 10 % presentaron mayores propiedades nutricionales en cuanto a los niveles de fibra dietética, calorías, grasa y minerales, estos componentes son de gran importancia debido a todos los beneficios que acarrear a la salud.

El tratamiento que mejor se comporto considerando las características físicas de un pan comercial fue el tratamiento con 10 % de linaza, cabe destacar que con esta cantidad de linaza no se alteran ninguna de las propiedades físicas del pan.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el consumo de este producto panificado por su alto contenido de fibra dietética, ya que esta favorece al control del apetito, controla la cantidad de azúcar en la sangre, y reduce los lípidos.

Además de recomienda el consumo de productos con linaza para personas diabéticas, personas con alto contenido de colesterol y personas con obesidad. Así también para la prevención y tratamiento de distintos tipos de cáncer.

Darle una difusión adecuada de las características funcionales del producto y en si de la linaza a nivel nacional ya que no es muy conocido ni consumido en nuestro país.

VII. LITERATURA CITADA

Adlercreutz H, et al. *J Steroid Biochem.* 1987; 27:1135-1144

American Dietetic Association. 1999. Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 99: 1278-1285.

Anonymous. 2001. Nutritional profile of no. 1 Canada Western flaxseed and of yellow flaxseed samples. Canadian Grain Commission, Winnipeg, MB.

Barnard RJ. 2004. Prevention of cancer through lifestyle changes. *ECAM* 1: 233-239.

Bello, J. 2000. Alimentos con propiedades saludables especiales. En *Alimentos composición y propiedades*. Ed. Mc.Graw-Hill.

Bello J. 1995. Los alimentos funcionales o nutraceuticos. Nueva gama de productos en la industria alimentaria. *265*: 25-29.

Black WC. 1930. Flax hypersensitiveness. *JAMA* 94: 1064.

Brennan CS. 2005. Dietary fibre, glycaemic response, and diabetes. *Mol. Nutr. Food Res.* 49: 560-570.

Cameron AT. 1930. Iodine prophylaxis and endemic goiter. *Can. J. Public Health* 21: 541-548.

Carter JF. *Cereal Foods World.* 1993; 38:753-759

Cunnane SC, Ganguli S, Menard C, et al. 1993. High α -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): Some nutritional properties in humans. *Br. J. Nutr.* 69: 443-453.

Daun, J. K.; Barthet, V. J., Chornick, T. L, Duguid, S. 2003 Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: Thompson, L.U.; Cunanne, S.C. (Eds.). Flaxseed in Human Nutrition. 2nd ed. Champaign, Illinois. AOCS Press. pp. 1-40.

Das UN. Essential fatty acids – a review. 2006. Curr. Pharma. Biotechnol. 7: 467-482.

Dorea JG. 2004. Maternal thiocyanate and thyroid status during breast-feeding. J. Am. Coll. Nutr.23: 97-101.

Fukuda T, Ito H, Mukainaka T, et al. 2003. Anti-tumor promoting effect of glycosides from Prunuspersica seeds. Biol. Pharm. Bull. 26: 271-273.

Hall, C., Tulbek, M.C. 2006. Flaxseed. Ad. Food Nutr. Res. 51: 2-99.

HyvärineN, H. K.; Pihlava, J. M.; Hiidenhovi, J. A.; Hietaniemi, V.; Korhonen, H. J. T.; Ryhänen, A. L. 2006a. Effect of processing and storage on the stability of flaxseed lignan added to bakery products. J. Agric. Food Chem. 54: 48-53

Holman RT, Johnson SB, Hatch TF. 1982. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. Am. J. Clin. Nutr 35: 617-623.

Institute of Medicine. 2002. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids, National Academies Press, Washington, DC, p 7-1— 7-69 (dietary fiber), 8-1— 8-97 (fat and fatty acids)

Astiasarán I, Martínez A. Interamericana España, 1ª edición Cap15: 343-355

Jones, PJ. 2002. Clinical nutrition: 7 Functional foods – more than just nutrition. Can. Med. Assoc. J. 166 (12): 1555.

Josep Boatella Riera, Rafael Condony Salcedo, Pedro Lopez Alegret. Química y bioquímica de los alimentos II; Universidad de Barcelona.

Kaur, M.; Singh, N. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different Chickpea (*Cicer arietinum* L) cultivars. Food Chemistry 91: 403-411.

Manthey FA, Lee RE, Hall III CA. 2002. Processing and cooking effects on lipid content and stability of α -linolenic acid in spaghetti containing ground flaxseed. J. Agric. Food Chem. 50: 1668-1671.

Martínez Flores, H. E.; Barrera, E. S.; Garnica-Romo, M. G.; Penagos, C. J. C.; Saavedra, J. P.; Macazaga-Álvarez, R. 2006. Functional characteristics of protein flaxseed concentrate obtained by applying a response surface methodology. J. Food Sci. 71: C495-C498.

Martin KR. 2006. Targeting apoptosis with dietary bioactive agents. Exp. Biol. Med. 231: 117-129.

Meagher, L. P.; Beecher, G. R.; Flanagan, V. P.; Li, B. W. 1999. Isolation and characterization of the lignans. Isolariciresinol and Pinoresinol, in Flaxseed Meal. J. Agric. Food Chem. 47:3173–3180.

Metzler, M. 2003. Oxidative metabolism of lignans **In:** Thompson, L.U.; Cunnane, C.S. (ed.) Flaxseed in Human Nutrition. 2nd edn, Champaign, Illinois. AOCS Press. pp. 117-125

Muir AD. 2006. Flax lignans – analytical methods and how they influence our understanding of biological activity. J. AOAC Int. 89: 1147-1157.

Muir AD, Westcott ND. 2000. Quantitation of the lignan secoisolariciresinol diglucoside in baked goods containing flax seed or flax meal. J. Agric. Food Chem. 48: 4048–4052.

Muir AD, Westcott ND. 1996. Quantitation of the lignan secoisolariciresinol diglucoside in baked goods containing flax seed or flax meal. *Proc. Flax Inst.* 56: 81-85.

Morris, D. H.; Vaisey-Genserb, M. 2003. Availability and Labeling of Flaxseed Food, Products and Supplements. In: Thompson, L. U.; Cunnane S. C. *Flaxseed in Human Nutrition*. 2nd edn., Champaign, Illinois. AOCS Press. pp. 404-422.

Naczk M, Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *J. Pharma. Biomed. Anal.* 41: 1523-1542.

Nair SSD, Leitch JW, Falconer J, Garg ML. 1997. Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *J. Nutr.* 127: 383-393.

Oomah BD, Mazza G. 1993. Flaxseed proteins — A review. *Food Chem.* 48: 109-114.

Oomah, B. D. Mazza, G. 1998. Fractionation of Flaxseed with a Bach Dehuller. *Ind: Crops Prod.* 9: 19-27.

Oomah BD, Kenaschuk EO, Mazza G. 1995. Phenolic acids in flaxseed. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2016-2019.

Oomah BD, Mazza G. 1998. Flaxseed products for disease prevention. In: *Functional Foods: Biochemical & Processing Aspects*, Ed Mazza G, Technomic Publishing, Lancaster, PA, p 91-138.

Palou A y F. Serra. 2000. Perspectivas europeas sobre alimentos funcionales. *Alimentación, Nutrición y Salud.* 7 (3): 76-90

Popkin BM. 2007. Understanding global nutrition dynamics as a step towards controlling cancer incidence. *Nature Rev.* 7: 61-67.

Ramcharitar, A.; Badrie, N.; Mattfeldt-Beman, M.; Matsuo, H.; Ridley, C. 2005. Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *J. Food Sci* 70: S504-S507.

Rajasha, J.; Murthy K. N. C.; Kumar, M. K.; Madhusudhan, B.; Ravishankar, G. A. 2006. Antioxidant potentials of flaxseed in vivo model. *J. Agric. Food Chem.* 54: 3794-3799.

Ratnayake WMN, Behrens WA, Fischer PWF, et al. 1992. Chemical and nutritional studies of flaxseed (variety Linott) in rats. *J. Nutr. Biochem.* 3: 232-240.

Roberfroid MB. 2000. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(6): 1669S-1664S.

Safe S, Papineni S. 2006. The role of xenoestrogenic compounds in the development of breast cancer. *Trends Pharma. Sci.* 27: 447-454.

Thompson, LU. 2003a. Analysis and Bioavailability of Lignans. In: Thompson, L.U., Cunnane, S.C.(eds.). *Flaxseed in Human Nutrition*. 2nd edn, Champaign, Illinois. AOCS Press. pp. 92-116.

Vetter J. 2000. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon* 38: 11-36.

Warner K, Mounts TL. 1993. Frying stability of soybean and canola oils with modified fatty acidb compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70: 983-988

Wiesenborn, D. P.; Tostenson, K.; Kangas, N. 2003. Continuous abrasive method for mechanically fractionating flaxseed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80: 295-300.

Whitney EN, Rolfes SR. 2005. Understanding Nutrition, 10th ed, Wadsworth, Belmont, CA, p 110 (phytate), 406 (oxalate), 451 (goiter).

Warrand J, Michaud P, Picton L, et al. 2005. Contributions of intermolecular interactions between constitutive arabinoxylans to the flaxseeds mucilage properties. *Biomacromol.* 6: 1871-1876.

Zhou J-R, Blackburn GL. 1997. Bridging animal and human studies: What are the missing segments in dietary fat and prostate cancer? *Am. J. Clin. Nutr.* 66: 1572S-1580S.

PAGINAS WEB

<http://www.monografias.com/trabajos11/ferme/ferme.shtml>

http://books.google.com.mx/books?id=uaBI0tEykJwC&pg=PA92&dq=ingredientes+en+panificacion&hl=es&ei=dJPoTLW8MML7lwe3pLirCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CEAQ6AEwBA#v=onepage&q&f=false

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/harina.htm> (24/01/2011; 16:36)

APÉNDICE

Resultados obtenidos en el análisis de varianza

ANVA Materia seca

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	38913,24	1	38913,24	394643,6	0,000000
Trat	15,01	3	5,00	50,7	0,000118 **
Error	0,59	6	0,10		

ANVA Humedad

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7311,552	1	7311,552	74151,05	0,000000
Trat	14,511	3	4,837	49,06	0,000130 **
Error	0,592	6	0,099		

ANVA Cenizas

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	153,4276	1	153,4276	26995,48	0,000000
Trat	12,6759	3	4,2253	743,44	0,000000 **
Error	0,0341	6	0,0057		

ANVA Extracto etéreo

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3772,733	1	3772,733	72176,79	0,000000
Trat	5,834	3	1,945	37,20	0,000285 **
Error	0,314	6	0,052		

ANVA Fibra cruda

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	19,72384	1	19,72384	217,5319	0,000006
Trat	10,15836	3	3,38612	37,3451	0,000282 **
Error	0,54403	6	0,09067		

ANVA Fibra dietética

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9363,126	1	9363,126	129910,4	0,000000
Trat	1377,232	3	459,077	6369,5	0,000000 **
Error	0,432	6	0,072		

ANVA Proteína

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	33,53262	1	33,53262	3259,363	0,000000
Trat	0,20570	3	0,06857	6,665	0,024453 **
Error	0,06173	6	0,01029		

ANVA Azúcares totales

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	77,6928	1	77,69283	290971,0	0,000000
Trat	116,2444	3	38,74814	145117,5	0,000000 **
Error	0,0016	6	0,00027		

ANVA Carbohidratos

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39522,10	1	39522,10	301142,2	0,000000
Trat	47,32	3	15,77	120,2	0,000010 **
Error	0,79	6	0,13		

ANVA Contenido calórico

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	188,0464	1	188,0464	697070,1	0,000000
Trat	0,0698	3	0,0233	86,3	0,000025 **
Error	0,0016	6	0,0003		