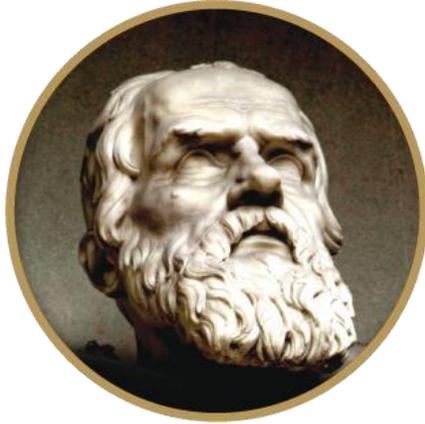


FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
UNIVERSIDAD GALILEO



*Galileo*  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

DESARROLLO DE UN PAN DE RODAJA CON HARINA DE  
TRIGO Y GERMEN DE TRIGO (FUENTE DE LISINA)

PRESENTADO POR: VICTOR ANTONIO HERNÁNDEZ  
MACARIO

PREVIO A OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS

JUNIO 2024

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
Sumario	1
Dedicatorio	2
Agradecimientos	3
Introducción	4 - 5
Hipótesis	6
Revisión bibliográfica Historia de trigo	7 – 8
Características de la plántula	9
La harina de trigo	10 – 11
El pan	11 – 12
El germen de trigo	12 – 16
Aminoácidos	16 – 22
Lisina	23 – 27
Diagrama de flujo de producción de pan de rodaja	28
Experimentación	29 – 30
Procedimiento	31
Materiales y métodos	32
Descripción del producto	33
Boleta de evaluación panel sensorial	34
Análisis sensorial	35
Análisis de Varianza	36 – 39
Análisis Rankin Múltiple de Duncan	40 – 41
Resultados de análisis fisicoquímicos y Microbiológicos	42
Discusión de resultados	43
Conclusiones	44
Recomendaciones	45

<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
Bibliografías	46 – 47

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
Tabla No. 1 Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo	10
Tabla No. 2 Resultado de lisina contenida en germen de trigo	16
Tabla No. 3 Contenido de aminoácidos del grano de trigo entero y de las fracciones de la molienda (g/100g de proteína)	21
Tabla No. 4. Pesaje de muestra A	29
Tabla No. 5. Pesaje de muestra B	30
Tabla No. 6 Pesaje de muestra C	30
Tabla No. 7 Boleta de evaluación	34
Tabla No. 8 Recopilación de datos análisis sensorial	35
Tabla No. 9 Resultado del 5% de significancia	39
Tabla No.10 Cuadro de Análisis de varianza	39
Tabla No. 11 Rango significativo	41
Tabla No. 12 Resultados de análisis fisicoquímicos	42
Tabla No.13 Resultado de análisis Microbiológico	42

## SUMARIO

El presente trabajo de investigación consiste en desarrollar un pan de rodaja con harina de trigo y germen de trigo (fuente de lisina), mejorando características con enzimas fúngicas (mejoran volumen de pan, suavidad de corteza y miga, tolerancia a fermentación), fortificado con Complejo Vitamínico (Mononitrato de Tiamina, Vitamina B2 Riboflavina, Niacina, Ácido fólico, Fumarato Ferroso) azúcar morena, levadura fresca, manteca vegetal, propionato de calcio (inhibidor de moho), leche de soya en polvo, sal y agua. Es un producto que en la dieta diaria es incluido y que aporta al cuerpo humano altas cantidades de lisina, proteína, vitaminas, minerales de Origen Vegetal. Producto para personas que necesiten alimentos con fuente del aminoácido esencial lisina que es de suma importancia para la formación de tejidos y para inhibir la hormona cortisol que causa el estrés.

Para el desarrollo del estudio se realizan tres muestras (A, B y C) con la variable de cantidad de germen de trigo en cada una de las recetas; 2.5%, 1.91% y 1.32% respectivamente.

Se realizó un panel sensorial cerrado con la participación de 10 panelistas no entrenados y calificaron de la siguiente manera 1) Excelente, 2) Buena, 3) Regular, 4) Mala, 5) Muy mala. Con los datos recopilados y tabulados se realizó un análisis estadístico de varianza que determino que no hubo diferencia significativa entre muertas y no hubo diferencia significativa entre panelistas. Luego se realizó un análisis de Rankin de Duncan que da como resultado que La muestra A es la mejor y que las muestras B y C quedaron en segundo lugar.

Se realizaron análisis fisicoquímico proximal para determinar el contenido de humedad, grasa, proteína y ceniza del producto terminado, complementado con análisis Microbiológico que indique que el alimento es inocuo y apto para el consumo humano.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por haberme permitido llegar a este punto y darme sabiduría, salud para poder terminar con éxito esta etapa de estudio además de su bendita bondad y amor.

### **A mi Esposa**

Paola Escobar; En especial quien ha sido parte fundamental para alcanzar mis metas, ella es quien me dio fuerzas y la principal protagonista de este proceso que estoy culminando con mucho éxito.

### **A mis Hijos**

Valentina y Pablo Escobar quienes me han dado las energías y sobre todo ese amor para poder luchar contra los obstáculos de la vida y poder alcanzar mis metas.

### **A mi Familia:**

Roberto, Dolores, Miriam y Sergio Hernández por estar siempre a mi lado en todo momento, apoyándome y motivándome con palabras que me ayudaron a creer en mi capacidad intelectual para poder alcanzar parte de mis sueños y metas trazadas en mi vida.

### **A mis Padres**

María Macario y Antonio Hernández Quienes me dieron la vida, y con amor me enseñaron que la vida se trata de vencer los obstáculos, alcanzar metas y con lucha y humildad cumplir mis sueños, sé que desde el cielo están siempre protegiéndome con todo el amor que me tuvieron estando vivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Al Gerente De Molino Venecia, S.A.**

Licenciado Pablo Matheu quien me ayudo a creer en mí y a tener esa fuerza de lucha contra todo obstáculo y alcanzar esta meta. Dándome trabajo y la oportunidad de seguir estudiando.

### **A mi Asesor de Tesis:**

Distinguido Doctor Rodolfo Solís Oliva reconocido en Estados Unidos en el área de Alimentos, por compartir todos sus conocimientos técnicos y prácticos durante mi formación como Licenciado en Ciencia y Tecnología de alimentos.

### **A mi catedrática:**

Licenciada Mayra Montesuma quien me dio cursos importantes durante mi carrera y así mismo ayudando a mi formación como profesional aportando su experiencia en el campo de alimentos y así mismo a todos los demás catedráticos que con mucha experiencia impartían sus clases transfiriendo todos sus conocimientos para forjarme como un profesional con mucho éxito en la vida.

### **A mis amigos:**

Quienes me ayudaron en el proceso de desarrollo del producto, y que me acompañaron en los buenos y malos momentos.

## INTRODUCCION

La elaboración de un pan de rodaja con germen de trigo ayudara a las personas para que su salud este en óptimas condiciones ya que este alimento aportara al cuerpo humano altas cantidades de lisina, proteína, vitaminas, minerales de Origen Vegetal. Producto para personas que necesiten alimentos con fuente del aminoácido esencial lisina que es de suma importancia para la formación de tejidos y para inhibir la hormona cortisol que causa el estrés.

La harina blanca de trigo se obtiene normalmente a partir de la molienda de trigo duro. Es común el uso de trigo de alta proteína, porque su alto nivel proteínico compensa la debilidad que causa la intervención del salvado en la formación de gluten, dando una calidad de germen superior comparada con las demás variedades de trigo, Por muchos años el pan ha sido uno de los principales constituyentes de la dieta humana, elaborar pan de masas fermentadas con levaduras es uno de los procesos biotecnológicos más antiguos. El trigo es por mucho el cereal más importante en la elaboración de pan.

El germen de trigo es la parte más nutritiva del trigo, es la parte del trigo de la que brotará una nueva vida, con un alto contenido en vitaminas, minerales, proteínas y ácidos grasos. El germen de trigo es la parte interna de la semilla de trigo que se remueve durante el refinamiento del grano de trigo para obtener harina de trigo blanca, el germen de trigo, al ser un alimento muy completo, lo recomiendo a cualquier persona, tanto deportistas como no, a niños en edad de crecimiento y a ancianos con problemas. La razón es muy sencilla, todos y cada uno de sus nutrientes son beneficiosos para cada sector de la población.

Los aminoácidos son los componentes esenciales de las proteínas que forman los tejidos, las enzimas y otros compuestos imprescindibles del organismo, como la sangre hormonas, anticuerpos, material genético, entre otros.

Es de gran importancia contar con proteínas en la dieta, como una fuente de aminoácidos; algunos de estos son realmente indispensables para los mamíferos, ya que éstos no pueden sintetizar sus esqueletos carbonados.

Las funciones de los aminoácidos en nuestro organismo se encuentran un número considerable de complejos proteínicos. Estas proteínas se sintetizan endógenamente a partir de aminoácidos.

Generalmente, todos los aminoácidos intervienen en el mantenimiento de los biosistemas; en particular, y como constituyentes de las proteínas, cumplen las siguientes funciones:

- Componentes estructurales de tejidos, células y músculos.
- Promueven el crecimiento y reparación de tejidos y células.
- Contribuyen a las funciones sanguíneas.

La lisina es uno de los 22 aminoácidos que conforman las proteínas de los organismos vivos y, para el ser humano, es considerado como esencial, pues no posee rutas para su biosíntesis.

Este aminoácido también es necesario para la síntesis y formación del colágeno, una importante proteína del sistema de tejidos conectivos en el cuerpo humano, por lo que contribuye al mantenimiento de la estructura de la piel y de los huesos.

Tiene funciones experimentalmente reconocidas en:

- La protección de los intestinos frente a estímulos estresantes, contaminación con patógenos bacterianos y virales, etc.
- Disminuir los síntomas de ansiedad crónica
- Favorecer el crecimiento de infantes que crecen bajo dietas de baja calidad

## **HIPOTESIS**

### **HIPOTESIS VERDADERA:**

Sí se puede Desarrollar un pan de rodaja con harina de trigo y germen de trigo.

### **HIPOTESIS NULA:**

No se puede Desarrollar un pan de rodaja con harina de trigo y germen de trigo.

## REVISION BIBLIOGRAFICA

### HISTORIA DEL TRIGO

Trigo:

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia. Las evidencias arqueológicas más antiguas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía, Palestina e Irak. Hace alrededor de 8 milenios, una mutación o una hibridación ocurrió en el trigo silvestre, dando por resultado una planta tetraploide con semillas más grandes, la cual no podría haberse diseminado con el viento. Existen hallazgos de restos carbonizados de granos de trigo almidonero (*Triticum dicoccoides*) y huellas de granos en barro cocido en Jarmo (Irak septentrional), que datan del año 6700 a. C.<sup>24</sup>

El cultivo del trigo por iniciativa de los seres humanos provocó una auténtica revolución agrícola en el denominado creciente fértil. El ser humano pasó de una alimentación basada en la caza y la recolección a una dieta con un alto contenido en cereales. Este cambio de la alimentación se ha producido a un ritmo muy rápido en un plazo de tiempo muy corto desde el punto de vista evolutivo, puesto que la humanidad existe desde hace unos 2,5 millones de años. No obstante, nuestro genoma y fisiología no se han modificado apenas durante los últimos 10.000 años y nada en absoluto en los últimos 40-100 años.

Simultáneamente, se desarrolló la domesticación de la oveja y la cabra, especies salvajes que habitaban la región, lo cual permitió el asentamiento de la población y, con ello, la formación de comunidades humanas más complejas, como lo demuestra también el surgimiento de la escritura, concretamente la escritura cuneiforme, creada por los sumerios, y, por tanto, el principio de la historia y el fin de la prehistoria.

Molinos de viento

El consumo del trigo y de pan en el Imperio romano revistió una gran importancia que también se confirma en la Biblia, ya que de acuerdo con las traducciones más exactas es posible contar en su texto 40 veces la palabra «trigo», 264 veces la palabra «pan» y 17 veces la palabra «panes», acepciones estas últimas que pueden referirse a pan de trigo o pan de cebada (como era común en aquella época), aunque en las citas bíblicas son frecuentemente utilizadas para referirse al concepto más amplio del conjunto de cosas que se requieren para vivir, como en la expresión «ganarse el pan». En la parábola del sembrador se hace referencia a la adulteración de los granos, comparando el trigo (la bondad) con la cizaña (la maldad).

El trigo fue introducido en América por los colonizadores españoles. Un esclavo de Hernán Cortés, encontrando tres granos de trigo en una bolsa de arroz, enviado desde España, los conservó bien y los plantó en 1529. De estos, el trigo del Nuevo Mundo se habría derivado.

El trigo moderno (aproximadamente el 95% del trigo cultivado en la actualidad) es una especie híbrida que contiene mayor cantidad de gluten (aproximadamente el 80-90% del total de proteínas), cuya capacidad inmunogénica y citotóxica es probablemente mayor, capaz de atravesar tanto la barrera intestinal como la barrera hematoencefálica y acceder al cerebro. Se baraja la hipótesis de que esta modificación genética del trigo y el aumento del consumo de gluten, han sido demasiado altos y en un espacio de tiempo excesivamente corto para permitir la adaptación de nuestro sistema inmunitario, con el consiguiente aumento de los trastornos relacionados con el gluten, si bien esta "teoría evolutiva" aún no está completamente aclarada.

Durante la Segunda Guerra Mundial, decayó el consumo de trigo y otros cereales como consecuencia de la escasez de suministros. El análisis de las admisiones en hospitales psiquiátricos de cinco países demostró un descenso en los ingresos por esquizofrenia, que se correlacionó con el porcentaje de disminución en el consumo de trigo. Por el contrario, en los Estados Unidos, donde hubo un incremento en el consumo de trigo, las admisiones por esquizofrenia aumentaron, por lo que se formuló la hipótesis de que la esquizofrenia es poco frecuente si el consumo de cereales es raro. Esta hipótesis fue corroborada posteriormente por un estudio antropológico en las Islas del Pacífico Sur, que demostró que la prevalencia de esquizofrenia era baja en países con bajo consumo de trigo y aumentó con la introducción del trigo, la cebada, la cerveza y el arroz en las dietas. Actualmente, se ha demostrado la relación de la esquizofrenia en una parte de pacientes con el consumo de gluten, independientemente de la predisposición genética, es decir, tanto en celíacos como en no celíacos.

El mayor productor mundial de trigo fue por muchos años la Unión Soviética, la cual superaba los 100 millones de toneladas de producción anuales. Actualmente China representa la mayor producción de este cereal con unos 96 millones de toneladas (16 %), seguida por la India (12 %) y por Estados Unidos (9 %).

A partir de la revolución neolítica en el Oriente próximo, el trigo comenzó a cultivarse convirtiéndose en uno de los alimentos básicos. La mayor parte de alimentos se hacen a partir del trigo, contribuye entre el 10 y 20% de la toma calórica diaria. **(1)**

## CARACTERISTICAS DE LA PLANTULA

### Raíz

Suelen alcanzar más de un metro de profundidad, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm de suelo.

El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado".

En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor ya que corresponde a un mayor desarrollo de las plantas.

### Tallo

Es hueco (caña), con 6 nudos. Su altura y solidez determinan la resistencia al encamado.

### Hojas

Las hojas son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta.

### Inflorescencia

Es una espiga compuesta de un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada uno de cuyos nudos se asienta una espiguilla, protegida por dos brácteas más o menos coriáceas o glumas, a ambos lados. Cada espiguilla presenta nueve flores, de las cuales aborta la mayor parte, quedando dos, tres, cuatro y a veces hasta seis flores.

### Flor

Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados.

### Fruto

Es una cariopsis con el pericarpo soldado al tegumento seminal. El endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano. (Ruiz, 1981). **(2)**

## LA HARINA DE TRIGO

Por muchos años el pan ha sido uno de los principales constituyentes de la dieta humana, elaborar pan de masas fermentadas con levaduras es uno de los procesos biotecnológicos más antiguos. El trigo es por mucho el cereal más importante en la elaboración de pan, aunque en algunas partes del mundo el uso de centeno es bastante considerable, otros cereales son usados en menor medida (Goesaert et al 2005).

El proceso de elaboración de pan se divide en tres etapas principalmente: mezclado, fermentado y horneado. Durante todas las etapas de elaboración de pan, ocurren cambios químicos, bioquímicos y transformaciones físicas, las cuales son afectadas por los diversos constituyentes de la harina. Unos de los componentes que tecnológicamente son importantes y que determinan la calidad del producto terminado son las proteínas, principalmente las proteínas que integran el gluten (gliadinas y gluteninas). Es importante conocer este tipo de proteínas, así como sus propiedades funcionales, para determinar el uso que se les puede dar ya sea para la elaboración de pan o para la elaboración de otros productos a base de trigo (pastas, galletas, etc.).

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinosanos y lípidos (2%).

Tabla No.1 Porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo.

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70-75
Proteínas	10-12
Polisacáridos no del almidón	2-3
Lípidos	2

Fuente: American Association of Cereal Chemistry (AACC).

Los cereales constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas, su costo moderado y su capacidad para provocar saciedad inmediata.

Los más utilizados en la alimentación humana son el trigo, el arroz y el maíz, aunque también son importantes la cebada, el centeno, la avena y el mijo. Lo adecuado es tomar cereales de la forma más sencilla posible, pero para su consumo requieren ser sometidos a un proceso de transformación agroindustrial y a un posterior tratamiento culinario.

En nuestra sociedad la forma de consumo de los cereales es muy variada; pan, bollería, pasteles, pastas, copos o cereales expandidos, alimentos infantiles etc. El consumo de cereales es adecuado, para cualquier edad o condición.

beneficios para la salud por comer harina de trigo: es un antioxidante natural, gran aporte en vitamina E, gran contenido en fosfolípidos, aporte en magnesio y vitamina F, alto contenido en ácidos grasos esenciales (ácido linoleico u omega 3), alto porcentaje en proteínas e hidratos de carbono. **(3)**

## **EL PAN**

Hablar de la harina es hablar del pan. Fueron los egipcios quienes elaboraron por primera vez este delicioso alimento, posiblemente entre el quinto y séptimo milenio A.C. elaboraban la masa con grano molido rudimentariamente, y le añadían únicamente agua. Con el tiempo, la preparación varía tanto proceso y cocción. La molienda del grano se realizaba con dos piedras cilíndricas unidas en el centro: la de abajo permanecía fija y la de arriba era movida manualmente; luego se tamizaba la harina para extraer el salvado. Y se cocinaba en moldes de tierra. Los egipcios no fueron los únicos panaderos. En la antigua Mesopotamia se consumía un tipo de masa elaborada con cereales machacados o molidos, los asirios consumían una especie de galleta cocida que acompañaban con cebolla; y los griegos, elaboraban una galleta sin levadura. Pero fueron los compradores de los granos egipcios y creadores del horno quienes perfeccionaron la técnica de la elaboración y llegaron a obtener más de 62 clases diferentes. Entre los favoritos estaban el pan de salvado, de trigo negro, de avena, de centeno y de todas las variedades de trigo.

Con el tiempo, la elaboración de pan se extendió por todo el mundo hasta ocupar un lugar protagónico en la alimentación. Por sus beneficios nutricionales y fácil digestión.

El cereal más utilizado para la elaboración del pan es la harina de trigo.

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en Europa, Medio Oriente, India, América y Oceanía. Se suele preparar mediante el horneado de una masa, elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla, en la mayoría de las ocasiones, suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna.

La adición de la levadura provoca la fermentación de la masa antes del horneado, y como consecuencia, le proporciona un volumen y una esponjosidad debido a la producción de pequeñas burbujas de dióxido de carbono que se quedan inmersas entre la masa húmeda de la harina.

Al pan elaborado sin el empleo de levadura se le llama pan ácimo y, debido a esa falta de levadura, carece de la esponjosidad típica de los panes “hinchados” o “levados”. Es muy probable que las elaboraciones más primitivas de pan no llevaran levadura. Los panes planos, muy populares en algunas culturas, es muy posible que sean los más antiguos.

Antiguamente en las zonas rurales, el pan era elaborado en los núcleos familiares y poco a poco el establecimiento para dispensar el pan, la panadería, ha ido cobrando importancia en las zonas urbanas.

El pan ha sido tan importante en la alimentación humana que se considera como sinónimo de alimento en muchas culturas. Asimismo, participa en muchos rituales religiosos y sociales, como por ejemplo el matzoh, en la pascua judía; la hostia en la Eucaristía cristiana, y el rito de bienvenida de los pueblos eslavos, que involucra el pan y la sal.

Los ingredientes básicos, y necesarios para la elaboración del pan son solo dos: harina y agua. **(4)**

### **EL GERMEN DE TRIGO**

El germen de trigo es la parte más nutritiva del trigo. Es la parte del trigo de la que brotará una nueva vida. Con un alto contenido en vitaminas, minerales, proteínas y ácidos grasos.

El germen de trigo es la parte interna de la semilla de trigo que se remueve durante el refinamiento del grano de trigo para obtener harina de trigo blanca. Contiene las células embrionarias que formaran la nueva planta.

Contiene proteínas de origen vegetal, fibra y grasas principalmente poliinsaturadas con predominio de ácido linoleico. La densidad energética es alta. A su vez suministra vitaminas del complejo B, tales como folato, tiamina, vitamina B6 y minerales como zinc, selenio, potasio, hierro no hemínico, y bajo contenido de sodio.

El germen de trigo proviene del proceso de refinamiento de los cereales. En el mundo occidental se consumen muchos cereales refinados, como pastas y arroces blancos. El motivo, es que el germen de trigo es rico en ácidos grasos, que, en contacto con el oxígeno, se oxidan y se ponen rancios. De este modo, los

cereales pierden o varían sus propiedades organolépticas, perdiendo así valor comercial.

Pero el germen de trigo es una parte muy nutritiva de él.

Veamos sus beneficios:

1. Es rico en Omega 3, que es un ácido graso esencial muy importante para quienes quieren cuidar sus niveles de colesterol.
2. También es rico en vitaminas del Grupo B, destacando entre todo el ácido fólico, otro micronutriente imprescindible en el embarazo y lactancia por su funcionalidad a la hora de formar el feto y seguir manteniendo saludable el sistema nervioso del bebé.
3. Gracias a su contenido en vitaminas del grupo B, es bueno para el sistema nervioso, inmunológico, en la producción de enzimas y de hormonas.
4. Cabe destacar su contenido en vitamina E, un potente antioxidante, que nos protege de los radicales libres.
5. Con un contenido proteico del 23%, destacan además sus minerales como el Hierro, Potasio, magnesio, fósforo, calcio.
6. Es un buen aliado en casos de estreñimiento por su aporte de fibra, ya que la fibra retrasa el vaciado gástrico, permitiendo controlar los niveles de glucosa en sangre, además, absorbe agua del aparato digestivo, manteniendo en bolo fecal en movimiento y sin irritar la mucosa, y además absorbe el colesterol del tubo digestivo, ya sea exógeno (adquirido mediante la dieta) o endógeno (como la bilis).
7. En cosmética, el germen de trigo es usado para tratamientos faciales antiarrugas, piel seca, y cuidado del cutis en general.

El consumo de trigo para la mayoría de la población se centra en la harina o en “cereales” de caja, estos pasan por unos refinamientos y procesos para extraer o bien la harina o bien la masa para estos desayunos, pero el trigo contiene una parte muy nutritiva y beneficiosa en su interior, el germen.

El germen de trigo podemos encontrarlo fácilmente en farmacias y herbolarios en diferentes formatos, en polvo para espolvorearlo sobre zumos o cafés, para hacer recetas y añadirlo a la pasta, o bien en comprimidos. **(5)**

## Beneficios y propiedades

Una de las propiedades del germen de trigo es la alta cantidad de vitaminas B, fósforo, zinc, hierro, selenio, ácido fólico y potasio que presenta. La ingesta adecuada de estos beneficia y mucho la salud coronaria, de modo que nuestros problemas de corazón podrían reducirse tan solo cuidando este aspecto. Mejora también nuestra circulación sanguínea y previene la aparición de trombos.

Las vitaminas del grupo B intervienen para metabolizar los alimentos y transformarlos en energía, de modo que un alimento ideal para deportistas y no deportistas además contiene altos niveles de antioxidantes que cuidarán de nuestras células. También evitan la aparición de radicales libres, estos entre otros efectos nocivos, provocan el envejecimiento prematuro.

Estos antioxidantes tienen también unos beneficios directamente relacionados con la salud de las mucosas vaginales y la producción de hormonas sexuales, de modo que indirectamente mejoran nuestros niveles de fertilidad.

Es un alimento con mucha fibra, la cual proporciona al organismo una sensación de saciedad alta, de forma que consumiendo fibra tendremos la sensación de haber comido más, lo que puede ayudar a personas con dietas estrictas a mejorar su estado de ánimo, y no solo eso, la fibra ayuda al organismo a mejorar las digestiones, aliviar el estreñimiento y depurar los restos de comida que pueden alojarse en los intestinos, haciendo una función de "limpieza" interior.

Reduce los azúcares de la sangre por su aporte en Magnesio y vitamina F.

Es una fuente de proteína vegetal que contiene casi un 30% de proteína de alto valor biológico, la proteína se metaboliza para crear nuevos tejidos musculares y mantener sano los ya existentes.

Los ácidos grasos esenciales que contiene ayudan a disminuir la presión arterial alta y elevan el estado de ánimo.

Aporta vitamina F o ácido linoleico y equilibra el organismo facilitando la asimilación de las grasas, azúcares y proteínas.

Estudio sobre la disminución de la absorción de colesterol

### Mecanismo de acción

El mecanismo de disminución del colesterol por el germen de trigo no es conocido. Dado que el germen de trigo contiene fibra, se ha pensado que algunos efectos sobre el metabolismo del colesterol podrían ser mediados por la fibra dietética 7. Sin embargo, varios mecanismos han sido propuestos. En ratas, la absorción de triglicéridos y colesterol fue enlentecida y reducida por el germen de trigo y otras

fracciones del trigo en parte como un resultado de la inhibición de la lipasa pancreática y la reducción de la lipólisis de triglicéridos. Se sabe que las proteínas solubles del germen de trigo inhiben la actividad de la lipasa pancreática, y el germen de trigo parcialmente desgrasado aumenta la excreción fecal de ácidos biliares en ratas. Por ello, el mecanismo de reducción del colesterol por el uso del germen de trigo parece complejo. Un estudio muy pequeño con 10 personas encontró que la eficacia de absorción del colesterol fue 42.8% mayor al consumir unas magdalenas con germen de trigo al cual se le habían extraído los fitoesteroles que con magdalenas con germen de trigo que tenían sus fitoesteroles originales. No encontraron diferencias en la eficiencia de absorción cuando las personas consumían magdalenas de germen de trigo con los fitoesteroles originales o unas magdalenas con germen de trigo que se le habían extraído y luego agregado los fitoesteroles.

### Usos

El germen de trigo, al ser un alimento muy completo, lo recomiendo a cualquier persona, tanto deportistas como no, a niños en edad de crecimiento y a ancianos con problemas. La razón es muy sencilla, todos y cada uno de sus nutrientes son beneficiosos para cada sector de la población.

Lo aconsejaría a personas con problemas de azúcar, ya que ayuda a regular y reducir sus niveles en sangre.

Debido a sus propiedades lo aconsejaría también en personas que estén mucho tiempo estudiando o realizando actividades con alto desgaste intelectual, pues reduce notablemente el cansancio mental.

Las personas con problemas de estreñimiento, además de por otras razones, suelen deberse a dietas muy bajas en fibra, de modo que el consumo del germen de trigo ayudará y mucho a liberar del estreñimiento a estas personas.

Tiene también múltiples aplicaciones en el campo de la estética en forma de aceite, puesto que sus vitaminas tienen un gran poder contra el envejecimiento y las arrugas. Puede utilizarse para masajes y mascarillas.

Además, tiene propiedades lubricantes, esto quiere decir que además de todo lo anterior, es hidratante, y puede ayudar y mucho a mejorar la salud del cabello, sobre todo a pelos castigados, secos o con caspa.

### Dosis recomendada

No existe una dosis recomendada. La mayor parte de las etiquetas del mercado establecen como porción 2 cucharadas = 14 gramos.

Tabla No. 2 Resultados de Lisina contenida en Germen de trigo

Análisis	Dimensionales	Resultado	Metodología basada en
Proteína	g/100g	31.60	Foss. AN 3001; ASN3439, Micro Kjeldahl
Grasa total	g/100g	9.62	AOAC 922.06. 18a. ed.
Lisina reactiva	mg/gN	261	J food Sci (1979).44:1221-1231,1237.

Fuente: Resultados de análisis a Germen de trigo realizados en Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Guatemala, Centro Analítico Integral (CAI), Laboratorio de Composición de Alimentos (LCA). **(6)**

### AMINOACIDOS

“Son los componentes esenciales de las proteínas que forman los tejidos, las enzimas y otros compuestos imprescindibles del organismo, como la sangre hormonas, anticuerpos, material genético, entre otros.” (Naclerio, 2006)  
Clasificación de los aminoácidos.

Es de gran importancia contar con proteínas en la dieta, como una fuente de aminoácidos; algunos de estos son realmente indispensables para los mamíferos, ya que éstos no pueden sintetizar sus esqueletos carbonados. Los seres humanos, así como las ratas, son incapaces de sintetizar nueve de los veinte aminoácidos estándar que se utilizan en la síntesis de proteínas, estos aminoácidos, llamados esenciales (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina), pueden ser elaborados por las plantas y diversos microorganismos a través de rutas metabólicas complejas. Aquellos aminoácidos que si es posible sintetizarse llaman aminoácidos no esenciales (alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, citrulina, cisteína, cistina, ácido gama-aminobutírico, ácido glutámico, glutamina, glicina, ornitina, prolina, serina, taurina y tirosina).

#### Aminoácidos esenciales

Los mamíferos los obtienen principalmente de las proteínas de la dieta que se digieren en el intestino para que sean liberados y posteriormente se absorban y puedan servir como precursores de proteínas u otros materiales biológicos. Los grupos amino de los aminoácidos ingeridos en exceso con respecto a los requerimientos, son extraídos por transaminación, y los esqueletos carbonados que quedan son catabolizados a intermediarios que es posible oxidar para liberar

energía o convertirse en combustibles metabólicos como la glucosa o aminoácidos glucogénicos o cetogénicos: estos eventos tienen lugar principalmente en el hígado. (Melo & Cuamatzi, 2007).

#### Aminoácidos no esenciales

Son aquellos que sintetizan las células de los mamíferos y son precursores de otros constituyentes celulares no proteicos. En cuanto a la arginina, ésta es considerada como un aminoácido esencial para los mamíferos, porque se requiere en la dieta durante el crecimiento de los individuos jóvenes. Algunos aminoácidos pueden ser descritos como no esenciales porque es posible formarlos a partir de aminoácidos esenciales: un ejemplo es la tirosina, que se puede elaborar a partir de fenilalanina. Así pues, si la dieta solo incluye la fenilalanina suficiente para satisfacer el requerimiento de este aminoácido, entonces puede presentarse una deficiencia de tirosina. (Melo & Cuamatzi, 2007).

#### Deficiencia de aminoácidos

“...de acuerdo con sus necesidades, el organismo produce las diferentes clases de proteínas, Pero si le llegase a faltar alguno de los aminoácidos esenciales, esa síntesis no se realizaría adecuadamente. Esto ocasionaría una insuficiencia de proteínas trascendentales para el organismo, generando problemas tales como indigestión, depresión o retraso en el crecimiento”

Así mismo, asegura que:

“la deficiencia de aminoácidos será debido a una dieta desequilibrada e inadecuada en proteínas. Una dieta que no nos proporcione una cantidad suficiente de aminoácidos esenciales, conducirá a padecer alguna enfermedad o trastorno; sin embargo, existen situaciones donde a pesar de tener una dieta adecuada, la deficiencia aminoácidos ocurre de todas formas. Esa falta puede provocarse por: mala absorción de nutrientes, infecciones, traumas, estrés, consumo de drogas, edad o desequilibrio de otros nutrientes”.

Para evitar confusiones, es importante aclarar que la solución no es la ingesta excesiva de proteínas, ya que no sería saludable, y se produciría una sobrecarga en los riñones y en el hígado. Siempre se debe ingerir una cantidad adecuada de proteínas. Así, el hígado metabolizará correctamente el amoníaco, generado por el mismo metabolismo proteico, y de esta manera no será perjudicial para nuestra salud. Para que el amoníaco no se acumule, el hígado lo convierte en urea, compuesto de menor toxicidad y luego es filtrado por los riñones para finalmente ser excretado.

## Funciones de los Aminoácidos

En nuestro organismo se encuentra un número considerable de complejos proteínicos. Estas proteínas se sintetizan endógenamente a partir de aminoácidos. Generalmente, todos los aminoácidos intervienen en el mantenimiento de los biosistemas; en particular, y como constituyentes de las proteínas, cumplen las siguientes funciones:

- Componentes estructurales de tejidos, células y músculos.
- Promueven el crecimiento y reparación de tejidos y células.
- Contribuyen a las funciones sanguíneas.
- Intervienen en los procesos de síntesis de enzimas digestivos.
- Constituyentes de las hormonas esenciales para la reproducción.
- Intervienen en el metabolismo energético.

Por sí mismos, los aminoácidos, son imprescindibles por las funciones que libran, ya que son indispensables para que los otros nutrientes sean correctamente metabolizados y absorbidos, y son necesarios para un funcionamiento idóneo de las vitaminas y de los minerales.

Dicho esto, los aminoácidos se consideran moléculas vitales, y como tales es de extrema importancia que el organismo disponga de los mismos en los niveles óptimos.

Existen 28 aminoácidos conocidos, que combinados de diferentes formas crean cientos de proteínas. El 80% de estos nutrientes se producen en el hígado, son los llamados aminoácidos no esenciales, y el 20% restante debe proveerse a través de la dieta y reciben el nombre de aminoácidos esenciales.

Es importante destacar, desde el punto de vista Bioquímico, que los aminoácidos tienen diferentes funciones en el organismo, pero ante todo sirven como unidades básicas de los péptidos y de las proteínas. En el código genético (ADN) solo se consideran los veinte aminoácidos proteicos; estos veinte aminoácidos son los que se encuentran regularmente en las proteínas y en algunos casos sufren modificaciones después de su incorporación a ellas (cambios postraduccionales). En los lípidos también se encuentran aminoácidos o sus derivados como unidades básicas, por ejemplo, la serina en los fosfolípidos y la glicina en las sales biliares.

## Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo

El salvado de trigo se destina principalmente al consumo animal, por lo que algunos de sus componentes son subutilizados, representando oportunidades de valor agregado.

Constituye las capas externas del grano y contiene hasta 18 % en peso de proteínas con mejor calidad que las de la harina. Estas proteínas no son aprovechadas debido a que la mayoría están protegidas por una matriz de polisacáridos, indigerible para el sistema gastrointestinal humano, por lo que es necesaria su extracción. Tradicionalmente, las proteínas de salvado han sido recuperadas mediante extracción alcalina y se han propuesto como ingredientes para la elaboración de productos alimenticios. Sin embargo, su uso es casi inexistente, debido a que los procesos de extracción son agresivos y no redituables. El objetivo del presente trabajo es describir las propiedades de las proteínas del salvado de trigo, así como sus usos potenciales. Entre sus propiedades destacan la digestibilidad, el perfil de aminoácidos y la capacidad de absorción de grasa. La fracción soluble en agua de estas proteínas, por su fácil extracción, podría tener valor agregado al utilizarse en tecnologías emergentes: como fuente de péptidos bioactivos, en la producción de nanopartículas con aplicaciones industriales o como matrices para procesos de biomineralización artificial. **(7)**

#### composición y usos del salvado de trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) ha sido cultivado desde inicios de la civilización (Javed y col., 2012) y actualmente es el tercer cereal con mayor producción a nivel mundial, con un volumen anual de alrededor de 729 millones de T (FAOSTAT, 2016). El grano de trigo se compone de varios tejidos, los cuales se esquematizan en la Figura 1. El germen o embrión, es el órgano reproductivo y de almacenamiento y representa entre 2 % y 3 % del peso del grano. El endospermo, principal fuente de energía durante la germinación, es la parte anatómica más abundante (81 % a 84 % del peso del grano). El pericarpio (salvado) está constituido por un conjunto de capas que protegen al grano y comprende entre 14 % y 16 % del peso de este último (Corke, 2004).

El endospermo es extraído mediante molienda para la obtención de harina y semolina, que son utilizadas en las industrias de panificación, galletería y pastas, mientras que el germen y el pericarpio se recuperan como subproductos (Nandini y Salimath, 2001; Dexter y Sarkar, 2004; Stevenson y col., 2012). Solamente un 10 % del salvado producido se destina a la alimentación humana, principalmente como fuente de fibra en pan, galletas, cereales y otros (Hossain y col., 2013; Prückler y col., 2014); el resto se dirige a la alimentación animal (Javed y col., 2012; Heuzé y col., 2013; Reisinger y col., 2014). De acuerdo con los datos de producción mundial de trigo y el porcentaje de este cereal que se destina a la molienda para consumo humano (CANIMOLT, 2014; FAOSTAT, 2016), se estima que la cantidad de salvado obtenida anualmente es de alrededor de 74 millones de T, lo cual es interesante desde la óptica del valor agregado.

Las proteínas de salvado de trigo son de alta calidad nutricional, ya que presentan una composición balanceada y rica en aminoácidos esenciales como lisina (Lys), triptófano (Trp) y metionina (Met), los cuales son deficientes o limitantes en la harina de trigo (Shewry y col., 2009). Las proteínas de salvado tienen un contenido de Lys que es casi el doble del encontrado en la harina (Cornell, 2003; Shewry y col., 2009) y representa el 4.5 % del total de los aminoácidos del salvado (Corke, 2004); además, contienen arginina (Arg), alanina (Ala), ácido aspártico (Asp), glicina (Gly) y, en menor proporción, ácido glutámico (Glu), prolina (Pro) y fenilalanina (Phe), así como aminoácidos azufrados, como la cisteína (Cys) (Apprich y col., 2014; De-Brier y col., 2015). En la Tabla 2 se muestra la composición de aminoácidos del grano de trigo y de las principales fracciones de la molienda, destacándose el contenido de 5 aminoácidos esenciales (histidina, lisina, treonina, valina y triptófano), el cual es mayor en el salvado que en la harina (Shewry y col., 2009). **(8)**

Tabla No 3. Contenido de aminoácidos del grano de trigo entero y de las fracciones de la molienda (g/100 g de proteína).

<b>Aminoácidos</b>	<b>Trigo entero</b>	<b>Harina</b>	<b>Salvado</b>	<b>Germen</b>
Acido aspártico	5.0	3.9	7.2	7.9
Treonina	2.9	2.7	3.3	3.7
Serina	4.8	4.9	4.5	4.5
Ácido glutámico	30.6	34.3	18.6	16.4
Prolina	9.8	11.7	5.9	5.3
Glicina	3.9	3.2	7.1	5.6
Alanina	3.5	2.8	4.9	5.7
Valina	4.7	4.3	5.0	5.1
Metionina	1.7	1.8	1.6	2.0
Cisteína	2.2	2.3	2.0	1.7
Isoleucina	3.8	3.9	3.5	3.5
Leucina	6.7	6.7	6.0	6.2
Tirosina	3.1	2.9	2.8	2.8
Fenilalanina	4.6	4.9	3.9	3.8
Histidina	2.2	2.0	2.6	2.5
Lisina	2.7	1.9	4.0	5.4
Arginina	4.6	3.6	7.0	7.4
Triptófano	1.2	1.0	1.6	1.1

Modificado a partir de Shewry y col. (2009).

## Propiedades funcionales de las proteínas de salvado de trigo

El uso de proteínas vegetales como ingredientes en sistemas alimenticios se basa en sus propiedades funcionales, i.e., solubilidad en agua, capacidad de emulsificación, capacidad de formar espuma, capacidad de absorción de agua y aceite y gelificación (Fabian y Ju, 2011; Bolontrade y col., 2016). La solubilidad es uno de los atributos más importantes de las proteínas, ya que influye directamente en el resto de las propiedades funcionales. Muy poco se ha investigado sobre las propiedades funcionales de las proteínas del salvado de trigo. Se ha determinado que la digestibilidad, el perfil de aminoácidos y la capacidad de absorción de grasa de las proteínas contenidas en una mezcla de salvado de trigo grueso y fino, germen y harina (lo que en el argot molinero se conoce como “millrun”), las hace factibles de utilización como enriquecedores de harina, para la elaboración de pan (Saunders y col., 1976). Sin embargo, el método de obtención es complejo y laborioso, además de que no se utilizó solo salvado. En un estudio realizado con salvado de trigo se extrajeron las proteínas totales mediante extracción alcalina y precipitación ácida con calor, seguido de diálisis y liofilizado, y se determinaron algunas de sus propiedades funcionales (Idris y col., 2003). Las solubilidades mínima y máxima de nitrógeno se obtuvieron a pH de 5.5 y 11.5, respectivamente. La capacidad de emulsificación y estabilidad de la emulsión, así como la capacidad de formar espuma y estabilidad de la misma, se vieron muy afectadas por el pH y la concentración de sales.

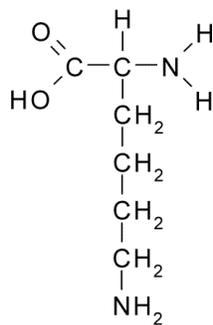
Dichas capacidades fueron mayores a pH alcalino y bajas concentraciones de sal. La concentración mínima para la gelificación de proteínas de salvado de trigo disueltas en NaCl 1.0 M fue de 16 %.

De dichos estudios, se observa que, para la extracción y aprovechamiento de las propiedades funcionales de las proteínas totales de salvado, es necesaria la extracción mediante métodos complejos y pH alcalino, por lo que prevalece el problema de la agresividad química, además de que se pone en duda la rentabilidad del proceso. **(9)**

## LISINA

La lisina (Lys, K) o el ácido  $\epsilon$ -diaminocaprónico, es uno de los 22 aminoácidos que conforman las proteínas de los organismos vivos y, para el ser humano, es considerado como esencial, pues no posee rutas para su biosíntesis.

Fue descubierta por Drechsel en 1889 como producto de la hidrólisis (descomposición) del caseinógeno. Años más tarde, Fischer, Siegfried y Hedin determinaron que también era parte de proteínas como la gelatina, la albúmina de huevo, la conglutina, la fibrina y otras proteínas.



Estructura química del aminoácido Lisina (Fuente: Borb, vía Wikimedia Commons)

Su ocurrencia fue luego demostrada en plántulas de semillas en germinación y en la mayoría de las proteínas vegetales examinadas, con lo que se determinó su abundancia como elemento constitutivo general de todas las proteínas celulares.

Se considera uno de los principales aminoácidos “limitantes” en las dietas ricas en cereales y por esta razón se piensa que afecta la calidad del contenido proteico consumido por las diferentes poblaciones subdesarrolladas del mundo.

Algunos estudios han determinado que la ingesta de lisina favorece la producción y liberación de las hormonas insulina y glucagón, lo que tiene efectos importantes sobre el metabolismo energético del cuerpo.

## Características

La lisina es un  $\alpha$ -aminoácido cargado positivamente, tiene 146 g/mol de peso molecular y el valor de la constante de disociación de su cadena lateral (R) es de 10.53, lo que implica que, a pH fisiológico, su grupo amino sustituyente está completamente ionizado, confiriéndole una carga neta positiva al aminoácido.

Su ocurrencia en las proteínas de distintos tipos de organismos vivos es cercana al 6% y diversos autores consideran que la lisina es imprescindible para el crecimiento y la reparación adecuada de los tejidos.

Las células poseen gran cantidad de derivados de lisina, que cumplen gran diversidad de funciones fisiológicas. Entre estos se encuentran la hidroxilisina, la metil-lisina y otros.

Es un aminoácido cetogénico, lo que implica que su metabolismo produce los esqueletos carbonados de los sustratos intermediarios para las rutas de formación de moléculas como el acetyl-CoA, con la posterior formación de cuerpos cetónicos en el hígado.

A diferencia de otros aminoácidos esenciales, este no es un aminoácido glucogénico. En otras palabras, su degradación no termina con la producción de intermediarios de rutas que producen glucosa.

## Estructura

La lisina se clasifica dentro del grupo de los aminoácidos básicos, cuyas cadenas laterales poseen grupos ionizables con cargas positivas.

Su cadena lateral o grupo R posee un segundo grupo amino primario unido al átomo de carbono en la posición  $\epsilon$  de su cadena alifática, de allí su nombre “ $\epsilon$ -aminocaproico”.

Tiene un átomo de carbono  $\alpha$ , al cual se unen un átomo de hidrógeno, un grupo amino, un grupo carboxilo y la cadena lateral R, caracterizada por la fórmula molecular (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>).

Puesto que la cadena lateral tiene tres grupos metileno, y aunque la molécula de lisina posee un grupo amino con carga positiva a pH fisiológico, este grupo R tiene un fuerte carácter hidrofóbico, por lo que a menudo se encuentra “enterrado” en las estructuras proteicas, dejando fuera solamente al grupo  $\epsilon$ -amino.

El grupo amino de la cadena lateral de la lisina es altamente reactivo y, por lo general, participa en los centros activos de muchas proteínas con actividad enzimática.

## Funciones

La lisina, por ser un aminoácido esencial, cumple múltiples funciones como micronutriente, especialmente en humanos y en otros animales, pero también es metabolito en diferentes organismos como las bacterias, las levaduras, las plantas y las algas.

Las características de su cadena lateral, específicamente las del grupo  $\epsilon$ -amino unido a la cadena hidrocarbonada que es capaz de formar puentes de hidrógeno, le otorgan propiedades especiales que lo hacen partícipe de las reacciones catalíticas en diversos tipos de enzimas.

Es importantísima para el crecimiento normal y la remodelación de los músculos. Además, es una molécula precursora para la carnitina, un compuesto sintetizado en el hígado, el cerebro y los riñones que se encarga de transportar los ácidos grasos hacia las mitocondrias para la producción de energía.

Este aminoácido también es necesario para la síntesis y formación del colágeno, una importante proteína del sistema de tejidos conectivos en el cuerpo humano, por lo que contribuye al mantenimiento de la estructura de la piel y de los huesos.

Tiene funciones experimentalmente reconocidas en:

- La protección de los intestinos frente a estímulos estresantes, contaminación con patógenos bacterianos y virales, etc.
- Disminuir los síntomas de ansiedad crónica
- Favorecer el crecimiento de infantes que crecen bajo dietas de baja calidad

## Biosíntesis

Los seres humanos y otros mamíferos no pueden sintetizar el aminoácido lisina in vivo y es por esta razón que deben obtenerlo de las proteínas animales y vegetales ingeridas con los alimentos.

En el mundo natural han evolucionado dos rutas diferentes para la biosíntesis de la lisina: una que emplean las bacterias, las plantas y los hongos “inferiores” y otra utilizada por los euglénidos y los hongos “superiores”.

## Beneficios de su ingesta

Este aminoácido es incluido en numerosos medicamentos de formulación nutracéutica, es decir, aislados a partir de compuestos naturales, especialmente de plantas.

Se emplea como anticonvulsivo y también se ha demostrado su efectividad en la inhibición de la replicación del Herpes Simplex Virus de tipo 1 (HSV-1), que suele manifestarse en momentos de estrés, cuando el sistema inmune está deprimido o “debilitado” como ampollas o herpes en los labios.

La eficacia de los suplementos de L-lisina para el tratamiento del herpes labial se debe a que este “compite” o “bloquea” la arginina, otro aminoácido proteico, que es necesario para la multiplicación del HSV-1.

Se ha determinado que la lisina también tiene efectos anti-ansiolíticos, pues ayuda a bloquear los receptores que están implicados en las respuestas a diferentes estímulos estresantes, además de participar en la disminución de los niveles del cortisol, la “hormona del estrés”.

Algunos estudios han señalado que puede ser útil para la inhibición del crecimiento de tumores cancerígenos, para la salud de los ojos, para el control de la presión arterial, entre otros.

## En la salud de infantes

La ingesta experimental de L-lisina, añadida en la leche de infantes durante el período de lactancia, ha demostrado ser beneficiosa para la ganancia de masa corporal y la inducción del apetito en niños durante los primeros estadios del desarrollo postnatal.

Sin embargo, el exceso de L-lisina puede ocasionar excreciones urinarias exageradas de aminoácidos, tanto de características neutras como básicos, lo que resulta en un desbalance corporal de los mismos.

El exceso de suplementación de L-lisina puede terminar en represión del crecimiento y otros efectos histológicos evidentes en órganos importantes, debido, probablemente, a la pérdida de aminoácidos con la orina.

En el mismo estudio también se evidenció que la suplementación con lisina mejora las propiedades nutricionales de las proteínas vegetales ingeridas.

Otros estudios similares realizado en adultos y niños de ambos sexos en Ghana, Siria y Bangladesh, sacó a relucir las propiedades benéficas de la ingesta de lisina para la reducción de la diarrea en niños y de algunas afecciones respiratorias mortales en hombres adultos.

#### Trastornos por deficiencia de Lisina

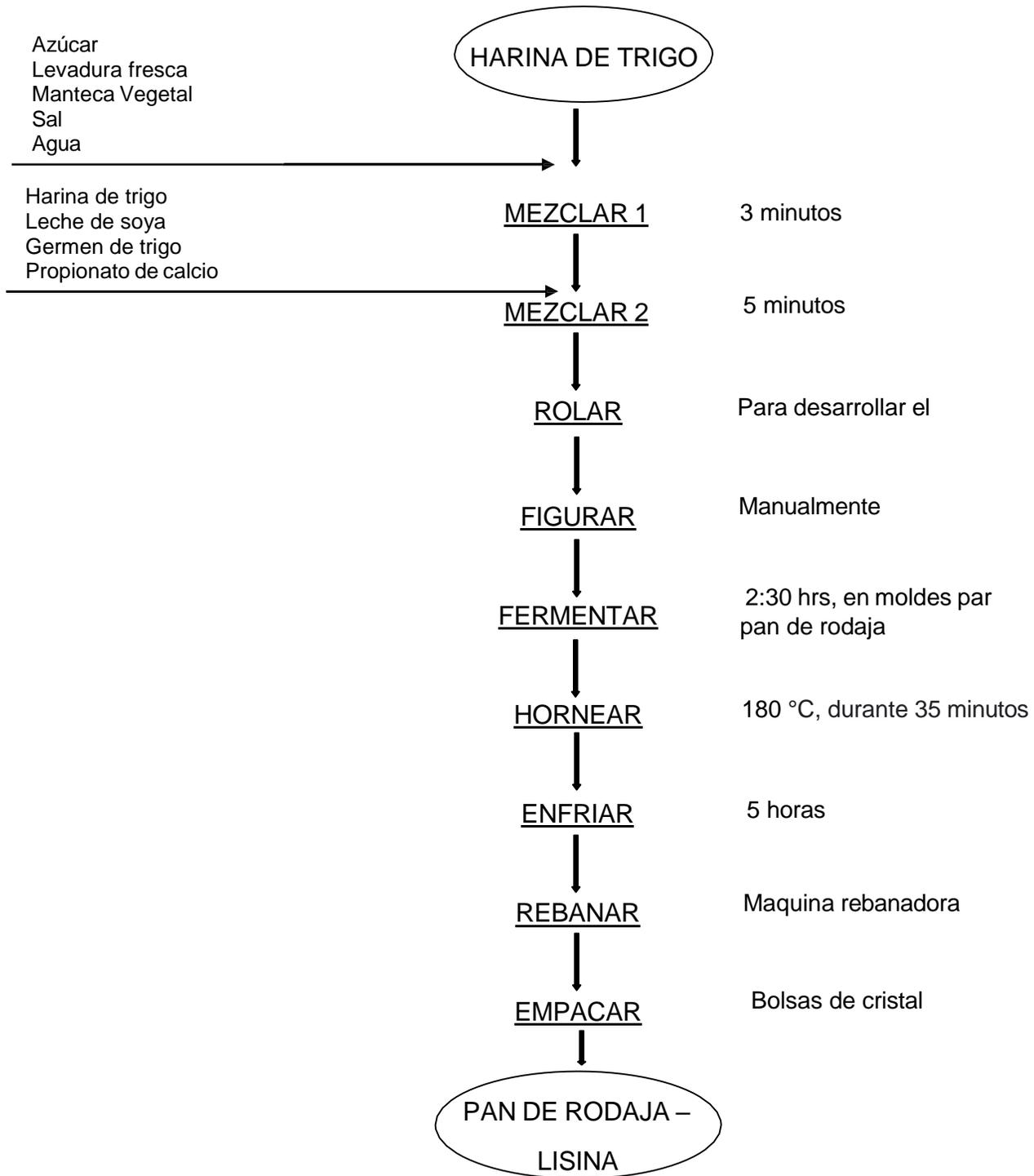
La lisina es, como todos los aminoácidos esenciales y no esenciales, necesaria para la correcta síntesis de las proteínas celulares que contribuyen a la formación de los sistemas orgánicos corporales.

Marcadas deficiencias de lisina en la dieta, puesto que se trata de un aminoácido esencial que no es producido por el cuerpo, pueden resultar en el desarrollo de cuadros ansiosos mediados por serotonina, además de diarreas, también relacionadas con receptores de serotonina.

#### Degradación de la lisina

La ruta degradativa, por la cual cuatro de los seis átomos de carbono de la lisina se convierten en acetil CoA, es bastante compleja. Los otros dos átomos de carbono se pierden en reacciones de descarboxilación. Uno de los metabolitos de esta vía, el ácido pipercolico y otros productos de oxidación formados en el catabolismo de la lisina, son precursores de la síntesis de algunos alcaloides vegetales, sustancias nitrogenadas que con frecuencia son muy tóxicas. **(10)**

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCION DE PAN DE RODAJA



## EXPERIMENTACION

En los primeros desarrollos del pan de rodaja con harina y germen de trigo quedo con la corteza del pan dura, apariencia de miga no uniforme, volumen del pan bajo y con presencia de grasa en la parte de abajo del pan por exceso de germen de trigo.

Se desarrolló una nueva fórmula, utilizando azúcar morena para mejorar el sabor y color, se fortifico la harina con una pre mezcla vitamínica para que sea más nutritivo. Para mejorar la suavidad de la miga, volumen del pan, suavidad de corteza se utilizó un mix de enzimas fúngicas, se agregó propionato de calcio (inhibidor de Moho) y disminuyendo la cantidad de germen de trigo para mejorar el exceso de grasa en la parte de abajo del pan de rodaja.

Tabla No. 4 pesaje de muestra A

<b>Muestra A</b>	<b>Cantidad en gramos</b>	<b>Cantidad en porcentaje</b>
Harina integral de trigo	1389.00	55.56
Leche de Soya en polvo	45.5	1.82
Levadura fresca	45.5	1.82
Azúcar morena	72.5	2.90
Sal	18.75	0.75
Germen de trigo	62.5	2.5
Propionato de calcio	8.75	0.35
Manteca vegetal	37.5	1.5
Agua	820.0	32.8
Peso total	2500	100

Tabla No. 5 pesaje de muestra B

<b>Muestra B</b>	<b>Cantidad en gramos</b>	<b>Cantidad en porcentaje</b>
Harina integral de trigo	1389.00	55.9
Leche de Soya en polvo	45.5	1.83
Levadura fresca	45.5	1.83
Azúcar morena	72.5	2.92
Sal	18.75	0.75
Germen de trigo	47.5	1.91
Propionato de calcio	8.75	0.35
Manteca vegetal	37.5	1.51
Agua	820.0	33.0
Peso total	2485.0	100

Tabla No. 6 Pesaje de muestra C

<b>Muestra C</b>	<b>Cantidad en gramos</b>	<b>Cantidad en porcentaje</b>
Harina integral de trigo	1389.00	56.23
Leche de Soya en polvo	45.5	1.84
Levadura fresca	45.5	1.84
Azúcar morena	72.5	2.94
Sal	18.75	0.76
Germen de trigo	32.5	1.32
Propionato de calcio	8.75	0.35
Manteca vegetal	37.5	1.52
Agua	820.0	33.2
Peso total	2470.0	100

La variable que se modificó en cada una de las muestras (A, B y C) fue el germen de trigo 62.5, 47.5 y 32.5 gramos respectivamente.

### **PROCEDIMIENTO:**

- Pesaje de ingredientes (el propionato de calcio, el germen de trigo y leche de soya en polvo mezclarla con la harina de trigo).
- En la mezcladora (industrial de capacidad 10 lbs.) agregar azúcar, levadura fresca, manteca vegetal, sal y agua, mezclar durante 3 minutos.
- Agregar la mezcla de harina de trigo, leche de soya, germen de trigo, propionato de calcio y mezclar durante 5 minutos (Formación de masa).
- la masa se pasa por el rodillo o roladora de acero inoxidable para desarrollar el gluten (40 pasadas aproximadamente dependiendo de la velocidad del rodillo).
- Formación del pan de rodaja y colocarlo en los moldes previamente engrasados con manteca vegetal.
- Dejar en la cámara de fermentación durante un tiempo de 2.30 horas a temperatura ambiente.
- Hornear a 180 grados centígrados durante 35 minutos.
- Sacar de los moldes los panes y colocarlos en bandejas de aluminio para que se enfríen (5 hrs).
- Cortar en rodajas con la rebanadora de pan.
- Empacar en bolsa de cristal.

## MATERIALES Y METODOS

- Germen de trigo.
- Harina de trigo.
- Azúcar morena.
- Propionato de calcio.
- Leche de soya en polvo.
- Agua.
- Sal.
- Levadura fresca.
- Manteca vegetal.

## EQUIPO A UTILIZAR

- Amasadora industrial de 10 libras marca Köler de acero inoxidable.
- Horno industrial de 4 bandejas (calentamiento a Gas).
- Molde de pan de rodaja.
- Bandejas de Aluminio.
- Balanza digital.
- Rodillo de acero inoxidable (para desarrollar el gluten de la harina de trigo).
- Cucharon de Aluminio.
- Barquillos de aluminio.
- Cámara de fermentación de acero inoxidable.
- Raspador plástico.
- Rebanadora de pan.
- Bureta

## DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Pan de rodaja con harina de trigo y germen de trigo (fuente de lisina), mejorando características con enzimas fúngicas (mejoran volumen de pan, suavidad de corteza y miga, tolerancia a fermentación), fortificado con Complejo Vitamínico (Mononitrato de Tiamina, Vitamina B2 Riboflavina, Niacina, Ácido fólico, Fumarato Ferroso) azúcar morena, levadura fresca, manteca vegetal, propionato de calcio (inhibidor de moho), leche de soya en polvo, sal y agua. Es un producto que aporta al cuerpo humano altas cantidades de lisina, proteína, vitaminas, minerales, antioxidantes, omega 3 (Acido Alfa linolénico) de Origen Vegetal. Producto para personas que necesiten alimentos con fuente del aminoácido esencial lisina que es de suma importancia para la formación de tejidos y para inhibir la hormona cortisol que causa el estrés.

Empacado en bolsa de cristal para mantener su frescura, teniendo una vida de anaquel de 15 días, esto permite que el pan sea consumido fresco y sin agregar perseverantes químicos que puedan ser dañinos para la salud.

## BOLETA DE EVALUACION PANEL SENSORIAL

Se le presentan tres muestras de un pan de rodaja (A, B y C), las cuales debe de probar e indicar su nivel de agrado marcando con una X en la escala que mejor describa su reacción de los atributos de cada una de las muestras.

Tabla No 7. Boleta de evaluación

ATRIBUTO		MUESTRAS		
		A	B	C
1	Excelente			
2	Bueno			
3	Regular			
4	Malo			
5	Muy Malo			

## ANALISIS SENSORIAL

Se realizó un panel sensorial cerrado, participando 10 panelistas no entrenados y calificaron las muestras (A, B y C) de la siguiente forma.

Tabla No. 8 Recopilación de datos análisis sensorial

Panelistas	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Total, muestras	(Total muestras) <sup>2</sup>
1	2	2	3	7	49
2	2	2	1	5	25
3	1	2	2	5	25
4	1	1	2	4	16
5	1	1	2	4	16
6	2	1	2	5	25
7	1	2	3	6	36
8	1	1	1	3	9
9	1	1	1	3	9
10	2	2	1	5	25
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>47</b>	<b>235</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.4</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>		

## ANALISIS DE VARIANZA

Número de muestras

$$10 \times 3 = 30$$

Factor de corrección

$$\frac{(47)^2}{30} = \frac{2209}{30} = 73.63$$

Suma total de los cuadrados

$$A = [2^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2] = 22$$

$$B = [2^2 + 2^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2] = 25$$

$$C = [3^2 + 1^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2] = 38$$

Total 85

Suma total de cuadrados – factor de corrección =

$$[85] - 73.63 = 11.37$$

Suma de los cuadrados de las muestras

$$\left[ \frac{14^2 + 15^2 + 18^2}{10} \right] - 73.63 = 0.87$$

Suma de los cuadrados de los panelistas

$$\left[\frac{235}{3}\right] - 73.63 = 4.70$$

$$235 / 3 = 78.33$$

$$78.33 - 73.63 = 4.70$$

Suma de los cuadrados de error

$$SC (T) - SC (M) - SC (P) =$$

$$11.37 - 0.87 - 4.70 = 5.80$$

Grados de libertad, gl (R)

Número total de respuestas - 1 =

$$30 - 1 = 29$$

Grados de libertad de las muestras, gl (M)

Número de muestras - 1 =

$$3 - 1 = 2$$

Grados de libertad de los panelistas, gl (P)

Número de panelistas - 1 =

$$10 - 1 = 9$$

Grados de libertad de los errores

$$gl (R) - gl (M) - gl (P) =$$

$$29 - 2 - 9 = 18$$

Promedio de los cuadrados de las muestras P

$$SC (M) / gl (M) =$$

$$0.87 / 2 = 0.435$$

Promedio de los cuadrados de los panelistas

$$SC (P) / gl (P) =$$

$$4.70 / 9 = 0.52$$

Promedio de los cuadrados de los errores CM €

$$SCE E / gl E =$$

$$5.80 / 18 = 0.32$$

Valor F o F estadístico

Calculada

$$0.435 / 0.32 = 1.359$$

$$0.52 / 0.32 = 1.625$$

Tabla No. 9 Resultados del 5% de significancia

	Calculada	Tabla		
MUESTRAS	1.359	3.5546	2	18
PANELISTAS	1.625	2.4563	9	18

Tabla No. 10 Cuadro de análisis de varianza

Variable	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Calculada
Muestra	2	0.87	0.435	1.359
Panelista	9	4.70	0.52	1.625
Error	18	5.80	0.32	
Total	29	11.37		

Resultados:

1.359 es menor a 3.5546 No hay diferencia significativa entre Muestras.

1.625 es menor a 2.4563 No hay diferencia significativa entre Panelistas.

## ANALISIS RANKIN MULTIPLE DE DUNCAN

Puntuación de muestras:

A	B	C
14	15	18

Promedio de la muestra:

$$A \left[ \frac{14}{10} \right] = 1.4$$

$$B \left[ \frac{15}{10} \right] = 1.5$$

$$C \left[ \frac{18}{10} \right] = 1.8$$

Ordenar las muestras

A	B	C
1.4	1.5	1.8
R1	R2	R3

Error Estándar:

$$EE = \sqrt{\frac{CM(E)}{\text{Número de panelistas}}}$$

$$\left[ \sqrt{\frac{0.32}{10}} \right] = 0.178$$

Tabla No. 11 Rango Significativo:

Probabilidad	<b>2</b>	<b>3</b>
Rp (tabla 5%) Rango significativo	3.033	3.160
Rp	0.539	0.562

$$A - C = 1.40 - 1.8 = -0.4 < 0.539 (R3)$$

$$A - B = 1.40 - 1.5 = -0.1 < 0.562 (R2)$$

$$R1 = A$$

Resultado

La muestra A según el análisis de Rankin de Duncan es la mejor.

## RESULTADO DE ANALISIS DE PAN DE RODAJA CON GERMEN DE TRIGO

Tabla 12. Resultados de análisis Físicoquímicos

Análisis	Resultado	u.m	LD/LC	Metodología
Carbohidratos solubles (ELN)	55.14	%	NA	Por formula
Cenizas	1.96	%	0.10	Gravimétrico
Energía (calorías)	2828.85	Kcal/kg	NA	Por formula
Grasa	2.05	%	0.50	Extracción Soxhlet
Humedad	26.36	%	0.10	Perdida por secado en la estufa
Proteína	14.39	%	0.50	AOAC 976.05

Fuente: laboratorio Desarrollo de Soluciones Globales (DSG).

Tabla No. 13 Resultados de análisis Microbiológicos

Análisis	Resultado	u.m	LD/LC	Metodología
Coliformes totales (+)	<10	UFC/g	10	AOAC 991.14
E. coli (+)	<10	UFC/g	10	AOAC 991.14
Recuento aeróbico total (+)	<10	UFC/g	10	AOAC 990.12

Fuente: laboratorio Desarrollo de Soluciones Globales (DSG).

\* u.m.= unidad de medida, LD/LC= Límite de Detección/Cuantificación, ND= No detectable al LD/LC, UFC= Unidades Formadoras de Colonia, Ausencia=Ausencia en 25g /// Los ensayos marcados con (+) están acreditados con la norma ISO17025:2005, según alcance OGA-LE-86-18.

## DISCUSION DE RESULTADOS

Se elaboraron tres muestras (A, B y C) de pan de rodaja con harina y germen de trigo, las cuales fueron calificadas por panelistas no entrenados en un análisis sensorial.

Se realizó un análisis estadístico de varianza para obtener resultados de una posible variación significativa entre muestras y panelistas. Los resultados que se obtuvieron son 1.359 es menor a 3.5546 no hubo diferencia significativa entre muestras y 1.625 es menor a 2.4563 no hubo diferencia significativa entre panelistas.

Para obtener un resultado más exacto se realizó un análisis de Ranking Múltiple de Duncan, con esto se pudo comprobar cuál de las tres muestras fue de mejor posicionada, variando en las muestras el contenido de germen de trigo. Muestra A 62.5 gr, Muestra B 47.5 gr, Muestra C 32.5 gr. Después de realizar el análisis se determinó que la Muestra A es la que tiene menor magnitud de rango quedando en la posición 1 como mejor muestra, B y C en segundo y tercer lugar respectivamente.

El pan de rodaja se elaboró con el objetivo de aportar una gran cantidad de proteína, vitaminas, minerales, carbohidratos y aumentando su valor nutricional con el germen de trigo que es fuente de lisina. Al mezclar la harina con germen de trigo no altero su sabor, olor, textura y apariencia agregando un máximo de 62.5 gr de germen de trigo en la Receta.

El análisis fisicoquímico dio como resultado que el pan de rodaja aporta un total de Carbohidratos (ELN) del 55.14 %, Minerales o Cenizas 1.96 %, Proteína 14.39 %, Grasa 2.05 % y Energía (calorías) 2828.85 kcal/kg, el Germen de trigo aporta Lisina Reactiva 261 mg/gN.

Se realizó el análisis microbiológico del pan de rodaja con germen de trigo y el resultado que se obtuvo es que el producto es inocuo al no determinar la presencia de bacterias como E. Coli, siendo apto para el consumo de las personas.

## CONCLUSIONES

1. El pan de rodaja con harina y germen de trigo aporta lisina que ayuda a mejorar los problemas de estrés por inhibir la hormona cortisol y es una fuente de proteína vegetal que contiene casi un 30% de proteína de alto valor biológico, la proteína se metaboliza para crear nuevos tejidos musculares y mantener sano los ya existentes.
2. La vida de anaquel del pan de rodaja es de 15 días, esto sin agregar conservantes químicos asegurando comer un pan más sano con alto valor nutritivo y fresco.
3. Se fortifico con un complejo vitamínico que contiene en su fórmula mononitrato de Tiamina, vitamina B2 (Riboflavina), Niacina, ácido Fólico y Fumarato Ferroso para aumentar el valor nutritivo del pan de rodaja y sin aumentar su costo.
4. El pan de rodaja con harina y germen de trigo debe incluirse en la dieta diaria para mejorar la salud en general por el alto valor nutritivo y beneficios del germen de trigo hacia la salud de las personas.

## RECOMENDACIONES

1. Por su alto contenido de proteína y lisina, carbohidratos se debe incluir en la dieta para que aporte beneficios a la salud de las personas.
2. Para mejora aún más la calidad nutricional del pan de rodaja se recomienda hacer pruebas con Stevia para sustituir la cantidad de azúcar morena que lleva la formula.
3. El pan de rodaja está elaborado con grasa vegetal de palma libre de colesterol.
4. Realizar pruebas con mayor contenido de germen y disminución de grasa vegetal para aprovechar la grasa natural que aporta el germen de trigo.
5. Aprovechar en los molinos de harina de trigo y extraer el germen como un subproducto de alto valor nutricional para elaborar alientos ricos en lisina y todos los beneficios que este contiene.
6. Realizar pruebas con enzimas naturales que actualmente hay en el mercado para mejora las características organolépticas y microbiológicas para aumentar su vida de anaquel con productos de origen natural.

## BIBLIOGRAFÍAS

1. Bonjean, A.P., and W.J. Angus (2001). *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Lavoisier Publ., Paris. 1131 pp.
2. Flores, M., R. Bressi, & L.G. Elías. Factores y características de las plantas de leguminosas de grano comestible en América Latina, Cali, Colombia del 26 de febrero al 10 de marzo de 197. Bajo el auspicio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 1975, P.49-64.
3. Barberá Miralles, Benjamín (Trigo - Harina, características de los cereales; trigo, cebada y maíz) Editorial Antinea, 2002.
4. Spicer A. *Bread*. 2 ed. Applied Science Publisher Ltd. London: Editorial, 1996. 488p.
5. Borel P, Lairon D, Senft M, Chautan M, Lafont H. Wheat and germ: effect on digestion and intestinal absorption of dietary lipids in the rat. *Am J Clin Nutr* 1989; 49:1192–202.
6. Nandini, C. D. and Salimath, P. V. (2001). Carbohydrate composition of wheat, wheat bran, Sorghum and Bajra with Good Chapati/Roti (Indian flat bread) making quality. *Food Chemistry*. 73(2): 197-203.
7. Carbonero Pilar, universidad politécnica de Madrid, complemento de Bioquímica Industrias Agrícolas, Metabolismo de Aminoácidos, A.L. *Biochemistry*, 2 nd. Edition. E.d Worth Publisher, Ind. 1975.
8. Gil, Á. (2010). *Tratado de nutrición: Salvado de Trigo y Bioquímica de la Nutrición*. (2da. ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

9. Veraverbeke, W. S., and Delcour, J. A. 2002 Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42: 179 – 208.
  
10. Delcour, J. A. 2005 Wheat flour and lysine: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 12-30.