

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y CIENCIA DE ALIMENTOS**

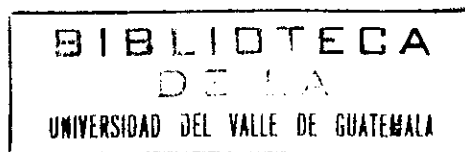


**DESARROLLO DE UN PAN DULCE PORTADOR DE
CALORIAS, PROTEINAS, VITAMINA A, HIERRO Y
OTROS MICRONUTRIENTES**

RAFAEL ALFREDO MORALES CASTILLO

**Trabajo de investigación presentado para
optar al grado académico de Licenciado
en Ingeniería y Ciencia de Alimentos**

**Guatemala
1994**



DESARROLLO DE UN PAN DULCE, PORTADOR DE CALORIAS, PROTEINAS,
VITAMINA A, HIERRO Y OTROS MICRONUTRIENTES

A Dios, mi padre
y profesores

agradecer la valiosa colaboración de:

Dr. Sr. A Dios, mis padres
y profesores

titularista Srta de Casaletti

Dr. Eduardo Hernández Stein

Srta. María Guzmán

SR. S. S.

Presidente del ICFE de Guatemala

No. 20.7 (1)


Dr. Ricardo Bressani
Árbitro

Partes:

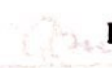
(1)

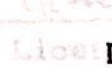

Licenciada Fabiola Palacios Recinos de Palacios

Agradezco la valiosa colaboración de:

Dr. Ricardo Bressani

(1)

 Licenciada Odete de Bocaletti

 Lic. Eduardo Hernández Stein

Srita. Mónica Guamuch

PREXIM, S.A.

(1)

 Productos ROCHE de Guatemala

Dr. Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 01 de octubre de 1994.

PREFACIO

Vo.Bo.: (f)

Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f)

Patricia Palacios

Licenciada Patricia Palacios Recinos de Palomo

(f)

Ana Silvia Ruiz

Licenciada Ana Silvia Ruiz de Colmenares

(f)

Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 01 de octubre de 1994.

PREFACIO

Páginas

En el presente trabajo de investigación se consideraron dos aspectos de importancia: uno es el problema de la falta de disponibilidad de alimentos nutricionalmente balanceados, y el otro es que el pan es un vehículo apropiado para portar niveles suficientes de proteína de buena calidad, vitaminas y minerales, por ser un producto de consumo masivo. Fue por ello que se realizaron las investigaciones necesarias para desarrollar un pan dulce de bajo costo y alto valor nutritivo, incrementando el nivel y la calidad de la proteína a través de la sustitución parcial de la harina de trigo con proteína de varias fuentes de harina de soya. Además, el valor nutritivo del pan dulce se incrementó aún más con el agregado de hierro en su forma reducida (Fe^{2+}) y vitamina A en forma de palmitato.

1. Pan dulce como vehículo nutricional	27
2. Materiales	29
3. Métodos	29
a. Panificación	29
a. Elaboración del pan control	29
b. Elaboración del pan experimental	31
b. Métodos físicos	32

CONTENIDO

	Páginas
PREFACIO	ix
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
→II. OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
→III. REVISION BIBLIOGRAFICA	5
A. Del trigo a la harina	5
B. El pan de trigo en Guatemala	9
C. Tecnología	11
D. El concepto de harinas compuestas	14
E. Uso de soya en panificación	18
F. Principales deficiencias nutricionales en Guatemala	22
1. Carencia de hierro	22
2. Carencia de vitamina A	25
G. El pan dulce como vehículo nutricional	27
→IV. METODOLOGIA	29
A. Materiales	29
B. Métodos	29
1. Panificación	29
a. Elaboración del pan control	29
b. Elaboración del pan experimental	31
2. Métodos físicos	32

	Páginas
3. Métodos químicos	32
4. Métodos de evaluación sensorial	33
IV. ANALISIS ESTADISTICO	35
VI. CALCULOS	37
→ VII. RESULTADOS Y DISCUSION	45
→ VIII. CONCLUSIONES	57
→ IX. RECOMENDACIONES	61
X. BIBLIOGRAFIA	63
ANEXOS	65
A. Cuadros	67
B. Figuras	71
C. Tablas de resultados	79

RESUMEN

Para producir un alimento nutricionalmente balanceado se partió de que el pan dulce es un vehículo apropiado por ser consumido por la mayoría de la población.

Primero se hizo una caracterización del pan dulce a ser mejorado, con el objeto de conocer la base física y nutricional que tiene el producto. Se determinó que una unidad de pan pesa, en promedio, 34.9 gramos, y contiene un 14.9% de humedad, 15.7% de grasa y 5.9% de proteína. A continuación se analizó químicamente la harina de trigo y las fuentes de proteína de soya que fueron: harina de soya integra nixtamalizada, harina de soya nixtamalizada sin grasa, harina de soya procesada industrialmente, concentrado y aislado de proteína de soya.

La harina de trigo se suplementó con 5 gramos de proteína de cada una de las fuentes de harina de soya, basándose en resultados experimentales que señalan que dicha cantidad de proteína de soya es suficiente para incrementar la calidad de la proteína de la harina de trigo.

Durante la fabricación de los panes experimentales se notaron diferencias en cuanto al manejo de las masas, principalmente los elaborados con harina de soya integra nixtamalizada, harina de soya nixtamalizada sin grasa y harina de soya procesada industrialmente. Estas diferencias

fueron básicamente una notable absorción del agua dando como resultado masas un poco pegajosas y difíciles de manejar.

En cuanto a las características físicas del pan suplementado con harina de soya, se determinó que si hubo diferencias significativas en todas las características evaluadas respecto del pan control. Sin embargo estas diferencias en el peso, altura, diámetro y volumen no fueron percibidas por los diez panelistas (escogidos al azar), durante la evaluación sensorial. Estos, por su parte, mostraron una notable preferencia por el pan hecho con la sustitución de 12.44 g de harina de trigo, por la harina de soya integra nixtamalizada.

Siguiendo en orden decreciente de preferencia, está el pan hecho con harina de soya nixtamalizada sin grasa, luego el elaborado con harina de soya procesada industrialmente, después el fabricado con concentrado de proteína de soya y le siguió el hecho con aislado de proteína de soya. El pan menos gustado fue el del grupo control.

Posteriormente el pan seleccionado se fortificó con un suplemento vitamínico-mineral, con el objeto que una unidad de pan aporte 17.5% de los requerimientos de vitamina A y hierro que un hombre adulto necesita diariamente.

Para obtener este 17.5% de los requerimientos antes mencionados, fue necesario analizar la estabilidad del hierro

v de la vitamina A al procesamiento, en particular al horneo. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que las cantidades de hierro total antes y después del horneo fueron 16.0 y 14.9 mg por pan, respectivamente. Esto indica que hubo una recuperación del 93.1% del valor inicial.

Por su parte, en el hierro disponible se obtuvo un valor de 1.1 mg en la masa, mientras que en el pan horneado el valor fue de 1.7 mg por pan.

En cuanto a la estabilidad de la vitamina A, se observó una recuperación del 94.1% durante el horneo, dando un aporte final de 813 U.I. por cada unidad de pan. Esta cantidad representa un 24% de los requerimientos que un hombre adulto necesita diariamente.

I. INTRODUCCION

Guatemala, como muchos otros países del mundo con escasos recursos económicos, sufre los problemas de no contar con alimentos nutricionalmente balanceados al alcance de la población más vulnerable, tanto en términos de cantidad como de calidad nutricional. La necesidad de satisfacer estas demandas por parte de la población desposeída se hace cada vez más grande, lo que ha conducido a empezar a coordinar estrategias con el objeto de fortificar productos de consumo masivo como el azúcar, algunas grasas vegetales, el pan y otros que son consumidos regularmente por la mayoría de la población.

El efecto suplementario que puede realizar la proteína de soya sobre la harina de trigo es uno de los hechos que se aprovechó para el mejoramiento de la calidad del pan dulce. Tomando en cuenta un factor muy importante como lo es la aceptabilidad del producto, se agregaron 5 gramos de proteína derivada de la harina de soya a la harina de trigo. Se utilizaron varias fuentes de proteína para lograr el efecto suplementario buscado, estas fueron: 1) harina de soya integra nixtamalizada, obtenida por un proceso de nixtamalización del grano de soya con un nivel de proteína del 40%. 2) harina de soya nixtamalizada sin grasa, obtenida del mismo proceso de nixtamalización del grano pero con una casi total extracción de su grasa (47% de proteína),

3) harina de soya procesada industrialmente con 34% de proteína. 4) concentrado de proteína con 70% de proteína y 5) aislado de proteína con un 90% de proteína.

Un punto importante en esta fase del estudio fue determinar el grado de aceptación del producto fabricado con cada una de las fuentes de proteína de soya. Se realizaron pruebas físicas y sensoriales con el objeto de escoger el producto con mejores preferencias, tomando en cuenta sus dimensiones como altura, diámetro, volumen y peso, así como su color, sabor, olor, textura, esponjosidad, grosor de la miga y otras propiedades que son determinantes para la aceptación del producto por la población consumidora a quien se orientado el desarrollo del producto.

Una vez realizada la selección del pan dulce, el valor nutritivo del producto se incrementó aún más a través de la fortificación con hierro y vitamina A, nutrientes muy limitantes en la ingesta de la mayoría de la población guatemalteca. Dicha fortificación se realizó con el propósito de llenar el 35% de los requerimientos que un hombre adulto necesita diariamente, al consumir dos unidades de pan dulce.

La estabilidad del hierro y de la vitamina A al procesamiento fue un factor de mucho interés en el estudio.

III. DIVISION BIBLIOPAFICA

II. OBJETIVOS

A. Objetivos generales

1. Desarrollar un pan dulce nutricionalmente balanceado.
2. Realizar las investigaciones necesarias de lo que será un producto de alto nivel nutritivo a un costo accesible para la población de escasos recursos económicos.
3. Buscar una nueva alternativa de uso para la actividad del cultivo de la soya que aún está en vías de desarrollo en el país.

B. Objetivos específicos

1. Aumentar el nivel proteínico a través de la sustitución parcial de la harina de trigo comúnmente usada, con proteína de soya derivada del proceso de nixtamalización del grano.
2. Desarrollar un pan portador de calorías, proteínas, vitamina A, hierro y otros micronutrientes sin afectar la calidad física y organoléptica del pan dulce tradicional.
3. Conocer la estabilidad y el comportamiento al procesamiento de la vitamina A y del hierro en su forma reducida.

HIPOTESIS II

1. El agregado de proteína de soya incrementa el valor proteínico del pan dulce sin afectar su aceptabilidad y precio.
2. El valor nutritivo del pan dulce suplementado parcialmente con proteína de soya, se puede incrementar aún más con el agregado de vitaminas y minerales.
3. El pan es un vehículo apropiado para portar niveles suficientes de proteína de buena calidad, hierro y vitamina A por ser un producto consumido regularmente por la mayoría de la población.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. Del trigo a la harina

En lo que se refiere a la importancia del trigo y sus derivados como alimento, puede decirse que este es el más importante de todos los cereales.

A causa del valor nutritivo ofrecido por el trigo abundante, este es el alimento más económico. El área de tierra arable plantada con trigo, produce alimento para más cantidad de personas que la misma cantidad de tierra usada para producir carne o leche.

Los productos derivados del trigo tienen una gran cantidad de carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales. En un estudio que se ha hecho de hábitos alimenticios en América Latina, se demostró que de todos los cereales, el trigo solamente cubría los requisitos mínimos de proteína cuando se usaba como el único producto cereal. Si los requisitos mínimos de calorías fueran suplidos por un cereal, sólo el trigo podría dar más que los requisitos mínimos de proteína necesitada.

La asociación de Especialistas en Dietética en Europa recomiendan el siguiente consumo de productos derivados del trigo (pan por ejemplo) diariamente:

Niños:	150 a 250 gramos
Adolescentes:	250 a 400 gramos
Adultos:	250 a 400 gramos

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Ancianos: 200 a 250 gramos

(5)

Durante la molienda del trigo, este es sometido a un largo proceso que como resultado final da un polvo fino blanco, con características propias que después de ser mezclado con otros ingredientes como agua, levadura, azúcar y sal, y sometido a una fermentación y horneado, da como resultado un producto comestible conocido como pan. La harina blanca para pan es extraída únicamente del trigo, por ser este el único cereal conocido por el hombre, que contiene en buena proporción dos proteínas principales, que al unirse en presencia del agua forman la estructura del pan (el gluten es la sustancia tenaz, gomosa y elástica que se forma en la masa mediante la adición de agua. El gluten se forma por la unión entre otros de las proteínas gliadina y glutenina).

(5)

Para obtener una harina de buena calidad y con características panificables, el trigo, además de ser de muy buena calidad, debe antes pasar por un largo proceso que arranca desde su análisis, acondicionamiento y molienda hasta su uso en panaderías y panificadoras.

La composición promedio de las harinas oscila según los tipos de trigo del que se extrae. De todas las partes del grano de trigo, el endospermo es la más importante por ser

de donde se extrae la harina durante la molienda y constituye el 83% del grano de trigo. El endospermo contiene gránulos de almidón embebidos en una matriz proteínica y las proteínas de mejor calidad se obtienen del centro de éste. El cuadro 1 muestra el análisis promedio de la harina de trigo.

Dentro del grupo de las harinas se pueden hacer dos divisiones principales según su nivel proteínico: las harinas "duras", que son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas y se extraen de trigos de alto nivel proteínico. Por el otro lado están las harinas "suaves" que son aquellas que tienen un bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de similares propiedades. En algunos sistemas de molienda es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con bajo nivel proteínico.

Otra clasificación de las harinas es según el tipo de molienda al que ha sido sometido el grano, y es la siguiente:

a. **Integral:** es la que contiene todas las partes del grano de trigo.

b. **Completas:** son las más comunes en el mercado y se obtienen al moler el trigo separando sólo la cascarilla y el embrión (este constituye el 2.5% del grano y está situado en la parte inferior al dorso del grano.

Contiene proteínas, carbohidratos y allí se encuentra la mayor parte de aceite del grano).

c. **Patente:** es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mejor calidad panificadora y posee muy pocas cenizas.

d. **Clara:** es la porción de harina que queda después de separar la patente. Se le suele llamar harina de segunda y es menos blanca y posee más cenizas.

1. **Características de la harina**

a. **Color:** el color depende del tipo de trigo que se haya molido y de la separación que representa la harina en cuestión.

b. **Extracción:** es la cantidad de harina que se obtiene después del proceso de molienda. Normalmente por cada 100 kilos de trigo se obtienen entre 72 y 76 kilos de harina. Se expresa en porcentajes.

c. **Separación:** esta no se basa en el peso de trigo sino en el peso de la harina total, después de haber removido toda la cáscara del grano. Así, si una corriente representa el 75% de la harina total se conocería como harina de 75% de separación.

d. **Tolerancia:** consiste en poder prolongar por un período razonable de tiempo la fermentación después de llegar a su tiempo ideal, sin que el pan sufra deterioro notable.

e. **Absorción:** es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de buena calidad. En

general la harina extraída de trigo de buena calidad es la que tiene mayor absorción.

f. Maduración: tiempo que es necesario dejar en reposo las harinas antes de usarlas en panaderías y panificadoras. Esto también se puede hacer químicamente.

g. Enriquecimiento: ya existen programas para enriquecer las harinas con vitaminas y minerales y se hace desde que el grano de trigo es molido.

B. El pan de trigo en Guatemala

En Guatemala existe una amplia variedad entre todos los tipos de panes que se producen en forma regular en el mercado. Como se mencionó anteriormente, existen harinas "suaves" y "duras", y es aquí de donde se tiene que partir para producir un tipo de pan específico.

Entre los panes provenientes de harinas "suaves" se tiene una amplia variedad que va desde los panecillos más simples conocidos como "panes de manteca", panes tostados y champurradas, hasta las conocidas tortas que no son más que panes dulces grandes preparadas con mayor adición de azúcar y mejoras en el proceso de elaboración. En Guatemala se conocen, aproximadamente, doce formas de pan dulce, sin embargo las más conocidas son las siguientes: conchas, molletes, cachos, gusanos, cortadas, batidas y otras que no vale la pena mencionarlas porque han desaparecido casi totalmente por

su largo trabajo de decoración.

Productos como galletas, pasteles y panes dulces como los mencionados son hechos con harinas "suaves" que, como se dijo, poseen un nivel proteico más bajo que un producto hecho con harina "dura". Sin embargo, el valor económico de los pasteles, galletas y productos similares es y seguirá siendo mucho mayor que el del pan dulce.

Es común observar en las comunidades rurales que sus pobladores se alimentan en un gran porcentaje de legumbres y hortalizas acompañados con tortilla y muy rara vez con un pan, sin embargo también es usual observar el alto consumo de pan dulce acompañado de café para complementar una comida, o incluso estos últimos muchas veces son los únicos alimentos con que realizan un tiempo de comida.

En fin, se puede decir que por razones de costumbre y/o necesidad, el tipo de pan que se consume en forma masiva es precisamente el que posee un bajo nivel de proteína.

Por otro lado, existen los panes provenientes de harinas "duras", que son los que usualmente se acompañan en las comidas. En este tipo de panes la variedad es mucho mayor, ya que dentro de las distintas formulaciones que existen hay distintas formas que los han caracterizado durante muchos años. Dentro de esta variación en las formulaciones está el pan de rodaja (comúnmente llamado pan sandwich), pan de leche (se le denomina pan hot-dog y/o hamburgués), panes

desabridos y otros no muy conocidos. Debe aclararse que el pan "francés" es únicamente un tipo de pan desabrido dentro de su amplia variedad de formas (doce aproximadamente).

(5)

C. Tecnología

En esta sección se hablará un poco sobre los métodos más comunes que se siguen durante la elaboración de panes provenientes tanto de harinas "suaves" como "duras".

Primero se describirán en forma general los pasos esenciales que se siguen en la fabricación de un pan dulce.

- i. Pesado de los ingredientes.
- ii. Mezcla de los ingredientes.
- iii. Afinado de la masa.
- iv. Formación de bolas de masa según el tamaño del pan.
- v. Figuración y decoración.
- vi. Reposo de 10 a 20 minutos.
- vii. Horneado.

(5)

Al realizar la mezcla de los ingredientes (paso ii) debe tomarse en cuenta que el procedimiento seguido es diferente al seguido con los panes provenientes de harinas "duras" (este método se explicará posteriormente). Durante la elaboración de un pan dulce existen varios puntos críticos como es el batido, que no es más que la incorporación de aire a la mezcla de la grasa con el azúcar.

Esta incorporación de aire ayuda a que la grava quede uniformemente repartida en la mezcla, por lo que al hacerla debe agitarse muy rápidamente y en forma continua hasta que la mezcla vaya adquiriendo una consistencia muy fina.

Otro punto de consideración es que una vez que se ha formado la masa debe llevar un afinado moderado (paso iii), es decir que este tipo de masas (provenientes de harinas suaves) no necesitan que se amase por mucho tiempo sino solamente que haya una mezcla uniforme de todos los ingredientes.

Finalmente se llevan a cabo los pasos iv y v según la forma del pan al que se quiere llegar.

Por otra parte se describirá el método de trabajo con el que se realizan los panes provenientes de las harinas "duras". Este tipo de harina se usa básicamente para pan blanco (nombre usado para llamar a la familia de panes que se acompañan con otras comidas), y los pasos son los siguientes:

- i. Pesado de los ingredientes.
- ii. Mezcla de los ingredientes.
- iii. Amasado de la masa.
- iv. Reposo de la masa completa.
- v. Formación de bolas según el tipo de pan a hacerse.
- vi. Reposo de aproximadamente 10 minutos.
- vii. Figuración y decoración.
- viii. Reposo (el tiempo depende del tipo de pan a hacerse).

ix. Horneado.

Debe notarse que el amasado o afinado de la masa (paso iii) es el más importante en este tipo de masas, ya que como se dijo, las harinas "duras" poseen un alto contenido proteínico a través de la gliadina y glutenina, provocando con la adición de agua (paso ii) que el gluten muestre sus propiedades únicas de retención de dióxido de carbono (CO_2) y que ocurra la hidratación de los gránulos de almidón. De esta manera se forma una pasta muy cohesiva a través de los puentes de hidrógeno formados por los radicales hidroxilo (-OH) de los aminoácidos con el agua incorporada a la formulación. Una vez se ha incorporado toda el agua en la elaboración, se procede al amasado, paso del cual van a depender varios factores como: esponjosidad, uniformidad, volumen y el factor económico. Es decir que de una misma cantidad de masa no amasada se obtendrá una cantidad menor de panes comparada con una que si fue amasada suficientemente.

Durante el amasado ocurre una re-orientación y alineación de la estructura terciaria de las proteínas donde se forman enlaces disulfuro y estableciéndose una red que será la que posteriormente ayudará a la retención del CO_2 (paso iv).

La diferencia básica en la elaboración de un pan con harina suave de uno con harina dura, es que en el primero el gluten formado no es tan tenaz y elástico como el de una masa

hecha con harina dura, debido a que el gluten se forma por la unión, entre otros, de las proteínas gliadina y glutenina, y si el nivel de estas proteínas es bajo, el gluten será menos elástico ayudando a que se llegue a una consistencia fina más fácilmente.

(5)

D. El concepto de harinas compuestas

La historia de las harinas compuestas se inició en 1964, a través de la FAO (Food and Agriculture Organization) y su "Programa de Harinas Compuestas", con el objeto de sustituir parcialmente las harinas de trigo por cereales producidos en las localidades, y así reducir las importaciones de aquel cereal a los países en vías de desarrollo.

En países desarrollados como Alemania, más del 60% del pan disponible en el mercado está parcialmente sustituido con centeno; al igual que en Japón, donde el gobierno ha estimulado a los productores de pan para sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz, que es producido en grandes cantidades en las localidades con subsidios por parte del gobierno.

Además de reducir las importaciones del trigo, y consecuentemente dejar de ser en parte un país trigo-dependiente, esto ha servido como un vehículo nutricional, ya que las deficiencias nutricionales en las harinas de trigo pueden ser reemplazadas por cereales que no posean las mismas

deficiencias.

La lista siguiente muestra los incentivos o razones que han hecho de las harinas compuestas un punto de interés en los países donde estos programas ya están bien implementados.

- i. Agregar variaciones a las dietas de la población.
- ii. Mejorar la nutrición.
- iii. Extender el uso de los suplementos del trigo.
- iv. Reducir costos en los ingredientes de fabricación.
- v. Estimular a los agricultores a cultivar nuevos productos que generen nuevos empleos en las áreas rurales.
- vi. Implementar la utilización de harinas que no sean de trigo en las plantas productoras.

Otro factor de importancia que es deseable en productos de harinas compuestas es sustituir la harina de trigo por una que sea producida localmente y, por lo tanto, más barata. Esto se ha visto que ocurre sin que haya un mandato de los gobiernos de los países en vías de desarrollo. Según investigaciones que se han hecho en países latinoamericanos se suele observar que los molineros de arroz venden este producto a los molineros de trigo a un precio más bajo que el del trigo, siendo este último fijado por el gobierno. Esta situación es aprovechada por los productores de harinas compuestas.

A pesar de todas estas razones no debe dejarse de mencionar que el trigo posee características únicas por el gluten en la proteína. Ningún otro grano, leguminosa o semilla oleaginosa posee las propiedades del gluten en la formación de una masa cohesiva y elástica. Estas propiedades viscoelásticas son la base para muchas cualidades deseables en los productos del trigo, especialmente del pan. Cuando la estructura del gluten es dañada o diluida, el invariable resultado es un desarrollo pobre de las masas, dando como resultado productos no aceptados por los consumidores.

Finalmente debe hacerse una pregunta importante: "Cuánta harina de trigo puede ser reemplazada sin que el producto sufra un cambio significativo en las características tradicionales que sea aceptado por el consumidor?" La respuesta depende de varios factores: el producto específico de trigo que se desea producir, el proceso elegido para su manufactura, la calidad del trigo, el tipo y la calidad de la harina que sustituirá a la de trigo, el uso de aditivos especiales y la aceptabilidad del producto por la población consumidora.

Entre los productos del trigo, los panes fermentados son los más afectados por las mencionadas sustituciones. Las masas hechas con harinas compuestas reducen la cohesividad y la propiedad de retener el CO₂ producido en las masas, dando como resultado productos menos apetecibles, panes muy densos

y pesados. La miga de estos productos pierde cohesividad y los panes tienden a ser más quebradizos.

La gomosidad durante la masticación suele ser otro problema. Todos estos efectos físicos son más notables que cualquier cambio de sabor o coloración que pueda ser rechazado por los consumidores, y pueden ser reducidos con el uso de aditivos como antioxidantes (bromatos, ácido ascórbico), surfactantes (estearoil 2-lactilato de sodio), o grasas; y mediante la modificación en las técnicas de producción de las masas, como adicionar agua en las formulaciones debido al incremento de la absorción de agua, o la variación de los niveles de levadura y/o reduciendo los tiempos de amasado y fermentación. Esta reducción en el tiempo de amasado puede hacerse por medio de un sistema mecánico a alta velocidad, y ha dado resultados satisfactorios en panes fermentados a base de harinas compuestas. El cuadro 2 muestra una generalización de los niveles prácticos en que se puede sustituir la harina de trigo en la producción de pan /1/.

Productos gelatinizados y harinas con alto valor proteínico (como es el caso de la soya) requieren un incremento en el uso del agua en las formulaciones, y se ha

/1/ Cada producto que sustituye la harina de trigo hace una combinación que tendrá efectos específicos en el color, sabor y en el manejo de las masas.

observado que esta agua extra diluye aún más el gluten en el trigo. Además, el incremento del agua en las formulaciones y la naturaleza de la soya y productos similares, incrementa lo pegajoso dando problemas en el manejo de las masas, por lo que su uso en las sustituciones debe ser en forma limitada.

(2)

E. Uso de soya en panificación

Durante mucho tiempo se ha hecho énfasis en que la población necesita de proteína suplementaria a fin de aumentar su ingesta total y mejorar la calidad de los alimentos que consumen en la actualidad, en particular cereales de baja calidad proteínica y alimentos que contienen almidón. Sin embargo se ha considerado que la densidad energética de los alimentos debe mantenerse a los niveles actuales cuando la ingesta es adecuada. En cambio, debe aumentarse cuando la ingesta es baja o bien si la dieta presenta limitaciones para una mayor ingesta. Dentro de este contexto y considerando las limitaciones económicas sólo unos cuantos alimentos pueden proporcionar esta doble solución de calidad proteínica y energía. La eliminación de alimentos de origen animal de la dieta, deja a las semillas oleaginosas como fuente de grasa y proteína; entre éstas la soya probablemente ocupa el puesto más importante. Es un hecho bien establecido que, en promedio, la soya contiene 40% de proteína y 20% de grasa, por el considerable número de

estudios realizados sobre la calidad proteínica y los diferentes usos de la soya.

Respecto del valor suplementario, la proteína de soya contiene de 60 a 105% de los diferentes aminoácidos esenciales, en comparación con una cantidad igual de proteína de huevo. La cifra más baja, 60%, se refiere a los aminoácidos azufrados, metionina más cistina.

Por otra parte, el valor más alto es de lisina, aminoácido donde los cereales son deficientes. Sobre estas bases, la calidad proteínica de la soya administrada por sí sola es más o menos la que corrientemente acusan diversas fuentes de proteína, e inferior a la proteína de origen animal. Debido al contenido de aminoácidos esenciales de la proteína de soya, su mayor potencial nutricional se relaciona con el aporte que puede hacer para balancear la composición de aminoácidos esenciales donde los cereales son deficientes. Como bien se sabe, para muchos grupos de población estos últimos alimentos proporcionan la mayor ingesta de proteína la cual es deficiente en lisina.

El papel que la proteína de soya puede jugar a este respecto es doble. Primero como proteína suplementaria de los cereales, y segundo, como el componente proteínico principal en alimentos ricos en proteína. Su papel como proteína suplementaria está más que documentado, y en el cuadro 3 y gráfica 1 pueden verse algunos resultados en este

sentido. El análisis de estos hallazgos revela dos puntos de interés. Primero, que la adición de cantidades relativamente pequeñas de harina de soya aumenta la calidad proteínica del cereal en cuestión, y segundo, que la proteína total también aumenta en cantidades que exceden 4 a 5 más de la que contiene el cereal. Ya se están aprovechando aplicaciones prácticas derivadas de estos resultados, pero la mayoría de estas acciones se suscitan solamente en los países desarrollados.

En años recientes se ha demostrado también la factibilidad de otras aplicaciones. Una de éstas, de gran importancia, es el uso de la harina de soya desgrasada o integral para la elaboración de pan. Los resultados pueden verse en el cuadro 4.

El pan preparado con 12% de harina de soya no sólo es aceptable para el consumidor, sino que contiene más proteína y de mejor calidad que el elaborado con harina de trigo común. Sin embargo, se ha observado que el uso de soya y otras harinas con alto valor proteínico en panificación, requiere un incremento en el uso de agua en las formulaciones. Esto ha provocado que el exceso del ingrediente "diluya" el gluten del trigo dando como resultado masas más pegajosas que crean problemas de manejo durante el proceso de las masas. Para evitar este tipo de problemas y

productos con características poco apetecibles (panes no ligeros y muy densos) se debe elegir la cantidad adecuada de harina de soya (leer los factores a considerar en sección D).

Respecto del segundo papel de importancia que en términos de nutrición puede desempeñar la soya, es que puede ser el componente proteínico principal en los alimentos ricos en proteína. En la gráfica 2 se observa el efecto complementario de la harina de soya en las harinas de trigo.

En este caso, los mejores resultados en cuanto a calidad se obtuvieron al mezclar estas dos fuentes de proteína para que la proteína de harina de trigo contribuyera entre un 40-45% y la de soya, con 55-60%. El valor máximo de calidad de la mezcla no difiere en mucho del valor cualitativo de la proteína de soya. Sin embargo puede observarse, que en la proporción indicada, la mezcla tiene una calidad proteínica que sobrepasa la de los componentes individuales. En el cuadro 5 puede verse que en la segunda columna se expresa la mezcla de calidad máxima en términos de distribución de la proteína, mientras que en la tercera columna da los mismos valores pero en términos de distribución de peso. Por último, la cuarta columna presenta la mayor concentración proteínica de la mezcla de mejor calidad entre los dos componentes. La concentración proteínica de la mezcla de calidad máxima la determina el contenido de proteína del cereal. En la última columna del cuadro también consta el

valor máximo de calidad proteínica de cada mezcla.

F. Principales deficiencias nutricionales en Guatemala.

1. Carencia de hierro

La carencia de hierro constituye un problema nutricional de proporciones hemisféricas. Dos terceras partes de los niños y las mujeres en edad fértil lo padecen en los países en vías de desarrollo; y un tercio de esa fracción, su forma más severa: la anemia. Además, a diferencia de las enfermedades carenciales clásicas (deficiencia de vitamina A, que puede producir ceguera, o deficiencia de yodo, que retarda el desarrollo y provoca sordera), la deficiencia de hierro se encuentra en todas las sociedades, lo mismo en las regiones ricas que en las pobres.

La carencia de hierro pasa inadvertida. Tampoco suele considerarse peligrosa, habida cuenta de la sintomatología leve que suele acompañarle: palidez, apatía o cansancio. La verdad es otra debido a que sus múltiples efectos pueden llevar a un individuo a la muerte.

La investigación ha puesto de manifiesto la asociación de la deficiencia de hierro con una alteración de la capacidad de aprendizaje en los niños, a menudo irreversible, y con otras anomalías del comportamiento. Aunque queda mucho por conocer sobre las funciones neuroquímicas del hierro, sí es obvio que unos niveles bajos de este nutriente influyen negativamente en la función cerebral. En los adultos, la

carencia de hierro debilita la capacidad de trabajo y el rendimiento y, por sus efectos sobre el sistema inmunitario, aumenta el riesgo de contraer enfermedades infecciosas e incluso morir por su causa.

(6)

El hierro cumple diferentes funciones biológicas. Es tan grande la diversidad de funciones que esto determina el amplio espectro de efectos que produce su carencia. De este nutriente se conoce, sobre todo, su intervención en el transporte de oxígeno en la sangre. El componente de la molécula de hemoglobina, participa en la captación de oxígeno en los pulmones y en su transporte y liberación por todo el organismo. Aproximadamente un 73% del hierro existente en el cuerpo se halla en la hemoglobina, de donde se recicla sin cesar a medida que se originan nuevos eritrocitos.

Todo el hierro necesario para acometer funciones tan plurales procede de la dieta. Aunque las verduras, particularmente las espinacas, se suelen considerar fuentes importantes de hierro, la forma vegetal del metal (hierro no hemo) se absorbe relativamente poco; el cuerpo humano tan sólo puede captar un 1.4% del hierro presente en las espinacas por poseer grandes cantidades de fitatos, polifenoles y otros constituyentes que enlazan el hierro impidiendo su absorción. Otras verduras y legumbres aportan cantidades algo mayores: 1.6% del contenido en las alubias

negras, 4.4% del de la lechuga y 7% del de la soya.

Por su parte, se absorbe hasta un 20% del hierro presente en la carne roja, en su forma hemo. El hierro de las aves, el pescado y la leche se asimila con idéntica facilidad, aunque en menor concentración. La composición de una comida determina la cantidad de hierro que se asimila. Si una comida contiene hierro en ambas formas (hemo y no hemo), la primera mejorará la absorción de la segunda. La vitamina C favorece el aprovechamiento del hierro no hemo, pero el tanino del té; la fibra y los fitatos de las plantas inhiben su absorción. Esta también depende de la cantidad de hierro presente en el organismo: disminuye cuando la persona tiene suficiente hierro y aumenta con la carencia del mismo.

(6)

La pobre absorción del hierro de una ingesta vegetariana, dieta básica de la mayoría de los guatemaltecos y de otros países en vías de desarrollo, constituye la causa principal de la carencia de hierro. La carne es un producto caro y se consume en cantidades muy pequeñas o no se prueba en absoluto. La carencia de hierro afecta a la mayoría de la población.

Los problemas de la abundancia no hacen deseable el estado de carencia, tan sólo denuncian el peligro de la administración excesiva a individuos malnutridos. Debe prestarse especial cuidado a las personas cuyas células

mediadoras de la inmunidad se han visto comprometidas por la deficiencia de hierro, para que no sean vencidas por la infección antes que recuperen las defensas inmunitarias. Las cantidades moderadas de hierro al día contribuyen a mantener un sistema inmunitario sano.

Las graves consecuencias de esa carencia para la salud, la conducta y la actividad humana, así como su expansión general, son razones poderosas para la lucha nacional e internacional. Se necesitará coordinar estrategias para enriquecer alimentos adecuados con hierro y aportar refuerzos de este nutriente a los grupos de población más vulnerables. Con un decidido empeño, esa carencia y sufrimientos inaceptables que produce a tantísimos en todo el mundo podrían quedar erradicados y constituir un hito más en el progreso de la salud.

(6)

2. Carencia de vitamina A

La deficiencia de vitamina A en la dieta infantil causa la ceguera a un tercio de millón de niños cada año. Un 60% de ellos mueren al poco tiempo de haber perdido la vista. La deficiencia también incrementa gravemente para muchos millones de niños los riesgos de enfermedad, de deficiencias en el desarrollo y de una muerte prematura. Se han observado diferencias de hasta un 30% entre las tasas de mortalidad de grupos de niños con y sin deficiencias de vitamina A.

(6)

Las necesidades de vitamina A del organismo humano pueden satisfacerse con el consumo de leche (sobre todo leche materna), mantequilla, huevos, hígado y verduras y frutas de color verde oscuro o anaranjado, como espinacas, hojas de mandioca, zanahorias, maíz amarillo, aceite de palma rojo, papaya y mangos. Es fundamental, por tanto, que toda la población esté informada de que este tipo de alimentos son esenciales para la salud y la vista de los niños.

El problema también puede resolverse administrando cápsulas de vitamina A cada seis meses a todos los niños en situación de riesgo. El suministro de estas cápsulas a toda la población infantil en situación de riesgo, sería el primer paso dado al igual que realizar programas de inmunización para la distribución de cápsulas de vitamina A.

La propia inmunización también ofrece una protección contra la deficiencia al evitar el sarampión, una importante causa de pérdida de vitamina A.

Una tercera solución posible es reforzar con vitamina A algunos alimentos de consumo masivo como el azúcar.

(4)

El hambre y la malnutrición en sus diversas manifestaciones son las causantes de alrededor del 34% de las muertes de niños de corta edad (0-4 años) en Guatemala. Más del 14% de los recién nacidos nacen con bajo peso por la malnutrición de las madres. Y lo que es más preocupante aún,

solamente el 83% de las mujeres son madres lactantes a los seis meses de vida de niño.

(3)

Para mejorar las condiciones de nutrición se deben cumplir las siguientes condiciones: una seguridad alimentaria adecuada en los hogares, un medio ambiente sano y el control de las infecciones y una atención materno-infantil adecuada. Si la elección de políticas, las disposiciones institucionales y el establecimiento de prioridades políticas son atinados, el mundo está en condiciones de alimentar a todos los niños y superar las más graves manifestaciones de la malnutrición, reducir drásticamente las enfermedades que contribuyen a la malnutrición, reducir a la mitad la malnutrición proteico-calórica, prácticamente eliminar las dolencias relacionadas con la carencia de vitamina A y reducir considerablemente la anemia nutricional.

(6)

G. El pan dulce como vehículo nutricional

Si se hiciera un análisis de la ingesta de la mayor parte de guatemaltecos, en particular los de escasos recursos económicos, se observaría el mismo resultado, y es que en su dieta existe una marcada abundancia en carbohidratos, mostrando niveles muy bajos en productos con alto valor proteínico. Esto se debe simplemente a que el guatemalteco únicamente tiene a su alcance el consumo de productos

vegetales complementado únicamente con pan y/o tortilla, dejando de consumir alimentos como carnes, huevos, leche y otros productos con alto valor proteínico. Este hecho es observado diariamente y en forma progresiva, ya que toda la población que vive y trabaja en el interior de la república y que necesita de hijos para economizar la mano de obra en el trabajo del campo, también está necesitada de alimentos que vengan a aliviar en parte esta urgente necesidad. Las madres lactantes, que con sus alarmantes deficiencias nutricionales, tienen que seguir dándoles leche materna a los niños cuando éstos ya deberían estar en una fase de crecimiento con alimentos de alto valor nutritivo a su alcance.

Por otro lado, con un pan nutritivo que además de reducir las importaciones de trigo, serviría como un vehículo nutricional, ya que mejoraría la ingesta de nutrientes más limitantes en la población de escasos recursos económicos y que además, las deficiencias nutricionales en las harinas provenientes del trigo pueden ser reemplazadas por cereales que no posean las mismas deficiencias. Todas estas son razones poderosas que conducen a la misma conclusión de fortificar un producto de consumo masivo como es el pan para que esté al alcance de todos, principalmente de los niños que de todos es sabido que son alimentados por sus madres muchas veces únicamente con una "pacha" de café y un pan dulce en uno o más tiempos de comida.

IV. METODOLOGIA

A. Materiales

1. Harina de trigo (obtenida en el comercio local).

2. Cinco fuentes de proteína de soya:

a. Harina de soya integral nixtamalizada, obtenida

por proceso de nixtamalización del grano de soya,

con su contenido integro de grasa y proteína.

b. Harina de soya nixtamalizada desgrasada, obtenida

por el mismo proceso anterior pero con la

extracción de la grasa.

c. Harina de soya procesada industrialmente sin
grasa, obtenida en el comercio local.

d. Concentrado de proteína de soya, proporcionado

por Prexim, S.A. con un contenido de proteína de

soya de 70%.

e. Aislado de proteína de soya, proporcionado por

Prexim, S.A. con un contenido de proteína de
soya de 90%.

B. Métodos

1. Panificación

a. Elaboración del pan control (1era. fase)

Harina de trigo suave-----100%

Carbonato de calcio-----3.125%

Levadura-----6.25%

Azúcar-----37.5%

Grasa-----	18.75%
Agua-----	37.5%
Sal-----	0.78%
Esencias -----	vainilla y crema

Se siguió un proceso típico de elaboración de pan dulce compuesto por los siguientes pasos esenciales:

- i. Pesado de los ingredientes.
- ii. Mezcla de los ingredientes.
- iii. Afinado de la masa.
- iv. Formación de pequeñas bolas de masa (1½ onza).
- v. Figuración y decoración.
- vi. Reposo de 20 a 30 minutos.
- vii. Horneado a una temperatura de 375°F por 20 minutos.

Debe quedar claro que la mezcla de los ingredientes (paso ii) se hizo de la siguiente manera: Primero se hizo una fuente con la harina de trigo y el carbonato de calcio bien distribuido, y en el centro se colocó el azúcar, la grasa y las esencias; luego se incorporó el azúcar a la grasa y las esencias, hasta que quedó una mezcla uniforme de los tres ingredientes. Inmediatamente se añadió la levadura disuelta en la mitad del agua de la formulación (ligeramente tibia) con un poco de azúcar extra de la receta. Esto se mezcló bien hasta que adquirió una consistencia muy fina, y el azúcar quedara totalmente

disuelta. A la segunda mitad del agua se le disolvió la sal y se agregó a la mezcla. Finalmente se empezó a halar harina hasta ir formando una masa cada vez más consistente, compacta y no pegajosa. Es en este momento que se procedió al amasado o afinado (paso iii), que por ser una harina de trigo suave, no necesitó que se amasara más de unos 7 minutos, aproximadamente. Durante el afinado se notó que la masa estaba pegajosa, por lo que fue necesario poner más harina sobre el lugar de trabajo hasta que ya no se pegara ni en la mesa de trabajo ni en las manos. La masa quedó de consistencia fina y uniforme antes que se le diera forma de bolas pequeñas (paso iv).

En el paso iv se formaron bolas de masa de $1\frac{1}{2}$ onza y se procedió a darle la forma del pan deseado (paso v) para luego dejarlo en reposo en un lugar tibio si es posible (paso vi) y finalmente se horneó.

b. Elaboración del pan experimental (2da. fase)

Harina de trigo suave-----

Harina de soya íntegra nixtamalizada-----

Harina de soya nixtamalizada sin grasa-----

Harina de soya procesada industrialmente-----

Concentrado de proteína de soya-----

Aislado de proteína de soya-----

Grasa-----

Carbonato de calcio ----- 3.125%

Levadura-----	6.25%
Azúcar-----	37.5%
Agua-----	37.5%
Sal-----	0.78%
Esencias-----	vainilla y crema

Se siguió el mismo proceso que se utilizó para hacer el pan control, con la diferencia que se agregaron 5 gramos totales de proteína a la harina de trigo, tomando en consideración que cada fuente de proteína de soya contenía un contenido distinto. Una vez se hizo la selección de la fuente de proteína a usarse (fase 3) se le fortificó con vitamina A en forma de palmitato y hierro en su forma reducida durante el proceso de elaboración. Esta adición se hizo a la harina de trigo teniendo especial cuidado en que ambos nutrientes quedaran perfectamente distribuidos en la mezcla inicial de harina de trigo con harina de soya íntegra nixtamalizada.

2. Métodos físicos

- a. Evaluación física del pan tomando en cuenta las dimensiones altura, diámetro, peso y volumen.

3. Métodos químicos

- a. Método oficial de la AOAC para la determinación del porcentaje de humedad.

b. Método oficial de la AOAC para la determinación del porcentaje de grasa.

c. Método oficial de la AOAC para la determinación del porcentaje de proteína (Kjeldahl).

d. Método oficial de la AOAC para la determinación de hierro total y biodisponible, tanto en el pan control como en el experimental.

e. Método oficial de la AOAC para la determinación de vitamina A tanto en el pan control como en el experimental.

f. Procesamiento del grano de soya por nixtamalización.

i. 1000 g grano de soya + 4000 cc agua + 4 g cal

ii. 30 minutos de cocimiento a ebullición.

iii. Enfriado.

iv. Lavado y remoción de la cáscara.

v. Tamizado.

vi. Deshidratación con aire caliente.

vii. Molienda a un tamaño de partícula fina.

viii. Método oficial de la AOAC para la extracción de grasa de la harina de soya íntegra nixtamalizada.

4. Método de evaluación sensorial (factores a evaluarse)

i. Sabor.

ii. Olor.

iii. Color. (ver figura 2 de anexo B).

iv. Esponjidad (ver figura 2 de anexo B).

v. ...

vi. ...

vii. ...

viii. ...

ix. ...

x. ...

xi. ...

xii. ...

xiii. ...

xiv. ...

xv. ...

xvi. ...

xvii. ...

xviii. ...

xix. ...

xx. ...

xxi. ...

xxii. ...

xxiii. ...

xxiv. ...

xxv. ...

xxvi. ...

xxvii. ...

xxviii. ...

xxix. ...

xxx. ...

V. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos fueron analizados mediante los siguientes métodos estadísticos:

A. Cálculo de la desviación estándar.

Se hizo por medio de la ecuación

$$s = \sqrt{\sum (X_i - m)^2 / (N - 1)},$$

donde s = desviación estándar, X_i = medida i de la serie de medidas, m = media de la serie y N = número total de medidas.

B. Rechaza de datos sospechosos.

El método consistió en calcular la divergencia entre el resultado más alto y más bajo de la serie. Se dividió ésta por la diferencia entre el resultado dudoso y el dato más próximo para obtener el cociente Q . Luego se comparó el valor Q con el valor Q crítico apropiado. Si el valor Q era mayor que el Q crítico, se rechazaba el dato sospechoso.

C. Análisis de varianza.

El método aplicado se usó para encontrar si existe diferencia significativa entre las muestras de pan elaborado con cada una de las fuentes de proteína de soya, tanto comparadas entre sí respecto del pan control. El objetivo de esta prueba es tanto analizar la variación de las respuestas como identificar variables independientes importantes en el estudio y determinar cómo interactúan y afectan a la respuesta. Si la estimación para la variable independiente es significativamente mayor, la prueba F

rechazará la hipótesis de que la variable independiente no tiene efecto y generará evidencia que indique una relación con la respuesta. El nivel de significación utilizado fue de 0.05. El tipo de análisis de varianza que se utilizó fue el de una comparación de más de dos medias para un diseño completamente aleatorio.

donde s^2 = desviación estándar, X_i = medida i de la barra de medidas, m = media de la barra y n = número total de medidas.

B. Procedimiento de datos experimentales

El método consistió en calcular la divergencia entre el resultado más alto y más bajo de la barra de medidas. Para la diferencia entre el resultado más alto y el más bajo para obtener el coeficiente Q . Luego se comparó el valor Q con el valor Q crítico apropiado. Si el valor Q era mayor que el Q crítico, se rechazaba el dato experimental.

C. Análisis de varianza

El método aplicado es un método para encontrar si existe diferencias significativas entre las muestras de una elaboración con cada una de las fuentes de proteínas de soya, tanto comparadas entre el respecto del par control. El objetivo de esta prueba es hacer énfasis en la relación de las proteínas como identificar variables independientes importantes en el análisis y determinar como interactúan y afectan a la respuesta de la elaboración para la variable independiente en estadísticamente mayor la prueba F .

VI. CALCULOS

En esta sección se presenta un ejemplo de cada uno de los cálculos que fueron necesarios durante la investigación.

A. Cálculo para la adición de harina de soya íntegra nixtamalizada.

Si se pretende agregar 5 gramos de proteína a la harina de trigo, entonces calcular la cantidad de harina de soya íntegra nixtamalizada que proporcionan esos 5 gramos de proteína.

$$5 \text{ g proteína} * \frac{100 \text{ g harina de soya}}{40.19 \text{ g de proteína}} = 12.44 \text{ g harina soya.}$$

Además se considera que la harina de soya posee un 26.73% de grasa, por lo que

$$12.44 \text{ g harina soya} * \frac{26.73 \text{ g grasa}}{100 \text{ g harina de soya}} = 3.32 \text{ g de grasa.}$$

Por lo tanto la formulación del pan queda así:

Harina de trigo suave	87.56 g
Harina de soya íntegra nixtamalizada	12.44 g
Grasa	15.42 %

Azúcar	37.50 %
Carbonato de calcio	3.12 %
Levadura	6.25 %
Sal	0.78 %
Líquido	37.5 %
Esencias	Vainilla y crema

B. Cálculo para la adición de hierro.

Se pretende agregar hierro para que se llene un 35% de los requerimientos que un hombre adulto necesita diariamente, que son 10 mg de hierro/día.

(7)

Para fines del cálculo se utilizó la fórmula siguiente en

base seca:

Harina de trigo	1208 g	57.24%
Harina de soya	172 g	8.15%
Grasa	213 g	10.08%
Azúcar	517 g	24.52%
	<hr/>	<hr/>
	2110 g	100.00%

Si un pan pesa aproximadamente 33 g, entonces 100 gramos equivalen a 3 panes. Por lo tanto se espera que cada pan aporte 1.75 mg de hierro biodisponible. Estos tres panes aportan 5.25 mg de hierro. Entonces,

$$5.25 \text{ mg Fe} \times \frac{2110 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 110.78 \text{ mg Fe}$$

$$110.78 \text{ mg Fe} \times \frac{2110 \text{ g}}{1208 \text{ g}} = 193.5 \text{ mg Fe reducido en harina}$$

y se sabe que 1000 g del suplemento mineral contienen 585.35 gramos de hierro reducido, por lo tanto:

$$\frac{193.5 \times 1000}{585.35} = 330.55 \text{ mg de suplemento mineral}$$

C. Cálculo del hierro total y biodisponible para la masa del pan fortificado y del pan horneado fortificado.

Hierro total para la masa y pan fortificado:

$$32.2 \text{ g masa} \times \frac{344.44 \text{ mg Fe}}{1000 \text{ g masa}} = 11.09 \text{ mg Fe total}$$

$$32.2 \text{ g pan horneado} \times \frac{373.34 \text{ mg Fe}}{1000 \text{ g pan horneado}} = 12.02 \text{ mg Fe total}$$

v. si ambos datos se corrigen por el porcentaje de humedad de la masa y el pan horneado, se tiene (ver tabla 8):

11.09 mg Fe total

$$\frac{11.09}{69.19} \times 100 = 16.03 \text{ mg Fe total en la masa}$$

69.19 g materia seca

12.02 mg Fe total

$$\frac{12.02}{80.49} \times 100 = 14.93 \text{ mg Fe total en el pan}$$

80.49 g materia seca

14.93

$$\% \text{ pérdida} = \left(1 - \frac{14.93}{16.03} \right) \times 100 = 6.86\%$$

16.03

Hierro biodisponible para la masa y pan fortificado:

33.67 mg Fe

$$32.2 \text{ g masa} \times \frac{33.67}{1000} = 1.084 \text{ mg Fe biodisponible}$$

1000 g masa

51.67 mg Fe

$$32.2 \text{ g pan horneado} \times \frac{51.67}{1000} = 1.66 \text{ mg de Fe}$$

1000 g pan horneado biodisponible

D. Cálculo para la adición de vitamina A.

Se planificó que dos unidades de pan proporcionen el 35% de los requerimientos de un hombre adulto diariamente (1000 microgramos de retinol/día, que son 3330 U.I./día).

3330 U.I.

$$0.35 * \frac{\text{3330 U.I.}}{2} = 583 \text{ U.I. de vitamina A por pan}$$

Se sabe que un pan de 30 gramos contiene:

Harina de trigo	57.24%	=	17.17 g
Harina de soya	8.15%	=	2.45 g
Grasa	10.08%	=	3.02 g
Azúcar	24.52%	=	7.36 g

583 U.I.

por lo que, $\frac{583 \text{ U.I.}}{0.5724} = 1019 \text{ U.I.}$

0.5724

1019 U.I.

$$1208 \text{ g harina trigo} * \frac{1019 \text{ U.I.}}{17.17 \text{ g harina trigo}} = 71962 \text{ U.I.}$$

17.17 g harina trigo

y se sabe que la muestra de vitamina A contiene 500 000 U.I.

por gramo, por lo tanto

71692 U.I.

_____ = 0.1434 g de vitamina A

500 000 U.I.

y considerando un 25% de pérdida durante el horneado se tienen 0.1792 g de vitamina A para 1208 g de harina de trigo.

E. Cálculo para obtener los resultados del análisis de varianza.

Dimensión del pan analizada : peso.

Número de tratamientos : 6.

Número de datos: 42.

Tratamiento 1 : con harina de soya íntegra nixtamalizada.

Tratamiento 2 : con harina de soya nixtamalizada sin grasa.

Tratamiento 3 : control.

Tratamiento 4 : con harina de soya procesada industrialmente.

Tratamiento 5 : con concentrado de proteína de soya.

Tratamiento 6 : con aislado de proteína de soya.

Tratamiento

No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
29.20	33.60	37.70	32.80	31.10	35.90
31.25	34.60	39.10	32.10	31.90	33.90
29.00	32.50	41.50	33.15	31.30	35.50
33.60	33.10	37.40	31.70	34.40	33.00
35.20	36.10	30.10	30.30	30.00	32.90
32.10	36.10	35.20	31.40	32.70	32.60
35.00	35.10	31.50	30.80	31.90	33.10

Ti: 225.35 241.10 252.50 222.25 223.30 236.90

<P>: 32.19 34.44 36.07 31.75 31.90 33.84

CM = $(\sum \sum Y_{ij})^2/n = n \times (P)^2 = (42) \times (33.365)^2 = 46,755.375$

SCTotal = $\sum \sum Y_{ij}^2 - CM = 47,044.01 - 46,755.30 = 288.635$

SCT = $\sum T_i^2/7 = 46,863.949 - 46,755.375 = 108.574$

SCE = SCTotal - SCT = 288.635 - 108.574 = 180.061

CMT = SCT/(k-1) = 21.715

CME = SCE/(n-k) = 5.002

F = CMT/CME = 4.341

F crítica = 2.482 (g.l. del numerador : k - 1 = 5)

(g.l. del denominador : n - k = 36)

Como $F_{\text{experimental}} > F_{\text{critica}}$ al nivel de significación 0.05, hay evidencia suficiente para decir que el efecto obtenido al analizar el peso con los 5 tratamientos respecto del pan control es distinto. En la tabla 5 se muestran los resultados de este ejemplo.

(6)

09.00	09.00	09.00	09.00	09.00
09.00	09.00	09.00	09.00	09.00
09.00	09.00	09.00	09.00	09.00
09.00	09.00	09.00	09.00	09.00
09.00	09.00	09.00	09.00	09.00

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se muestran los datos obtenidos en la parte de caracterización física y química del pan dulce control, que se obtuvieron con el objeto de conocer la base física y nutricional con que cuenta el producto a ser mejorado, y que se expande a diario en las tiendas locales populares.

El pan dulce pesa 34.9 gramos en promedio, con un volumen de 73.4 cm³. La tabla también muestra que contiene 5.9% de proteína y aproximadamente 400 Kcal por cada 100 gramos.

La etapa siguiente consistió en la experimentación, donde se analizó la materia prima, tanto de las fuentes de proteína suplementaria, que en este trabajo fue la proteína de soya, como de la harina de trigo, ambos ingredientes de primordial importancia en la fabricación del producto. Estos datos se resumen en la tabla 2, en donde se puede observar el contenido alto en grasa y proteína de las harinas de soya utilizadas en el presente estudio.

Es interesante indicar que una harina de trigo con un porcentaje de proteína de 6.8 ± 0.2 (tabla 2) sufre un decremento a 5.9 ± 0.3 (tabla 1) en el producto terminado, debido a la dilución de la proteína del trigo durante el proceso de fabricación del pan. Esta dilución ocurre por los mismos ingredientes de fabricación del pan como la grasa y el azúcar principalmente, por lo que fue un factor que se tomó en consideración al momento de agregar una cantidad dada de

gramos de proteína de soya a la harina de trigo.

Se planificó desde un principio que cada fuente de proteína de las harinas de soya aportara 5 gramos de proteína adicional, independientemente de la fuente utilizada para ello, por lo que se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad de harina de soya a agregar con el fin de aportar la proteína adicional planeada. Para citar dos ejemplos, en la harina de soya procesada industrialmente con un porcentaje de proteína de 34.4 ± 1.3 se necesitaron 14.52 g, mientras que para el aislado de proteína se necesitaron 5.55 g.

El suplemento de 5 gramos de proteína de soya se basa en resultados experimentales (1) en los cuales se observó que esta cantidad es suficiente para incrementar la calidad de la proteína de la harina del trigo. Al mismo tiempo la cantidad total de proteína en el producto aumenta. Este fue posiblemente un factor determinante en el momento de realizar la prueba sensorial en el sentido que un suplemento de 5.55 g a la harina de trigo no se percibieron igual que 14.52 g, por los panelistas. Con base en lo anterior, las cantidades de las harinas de soya suplementaria que aportaron 5 gramos de proteína fueron:

- a. 12.44 g, de harina de soya integral nixtamalizada.
- b. 10.62 g, de harina de soya nixtamalizada sin grasa.
- c. 14.52 g, de harina de soya procesada industrialmente

d. 7.14 g. de concentrado de proteína de soya.

e. 5.55 g. de aislado de proteína de soya.

Una vez realizados los cálculos necesarios sobre las cantidades de harina de soya a adicionarse, se pasó a la etapa de fabricación del pan, haciéndose tres evaluaciones generales:

- i. Observaciones hechas durante la elaboración de los panes experimentales respecto del pan control.
- ii. Evaluaciones físicas del pan, tomando en cuenta sus dimensiones.
- iii. Evaluación química y sensorial para seleccionar el tipo de pan más aceptable, según preferencia de los panelistas.

En la primera evaluación vale la pena indicar que sí hubo diferencias muy notables en el manejo de las masas, principalmente las de los panes hechos con harina de soya nixtamalizada, nixtamalizada sin grasa y harina de soya procesada industrialmente. Estas diferencias fueron básicamente una notable absorción del agua de la formulación que dio como resultado masas un poco pegajosas y difíciles de manejar. Esto se pudo evitar en buena medida al agregar entre 10 y 15 gramos de harina de trigo al lugar de trabajo y a las manos para evitar lo pegajoso, con lo cual se estaría contribuyendo a una dilución de la proteína en el producto

final. Con los panes hechos con concentrado y aislado de proteína casi no hubo problemas de este tipo por la menor cantidad de harina de soya añadida a la harina de trigo.

Respecto de la segunda actividad, se puede decir que se evaluaron las características más importantes en un pan a base de harinas compuestas. Estas fueron el peso, el diámetro, la altura y el volumen. Como se puede observar en las tablas de resultados No. 4 y 5 del anexo C, sí hubo diferencias significativas en todas las características entre los panes con suplemento de harina de soya y el pan control.

Esto generó varias ideas acerca de las causas de estos resultados estadísticamente diferentes. Una de ellas es que el pan dulce es un producto sometido a una fermentación, por lo que durante la fabricación de las masas se redujo la cohesividad y la propiedad de retener CO_2 producido durante la fermentación dando como resultado panes más densos y pesados. Sin embargo estas diferencias no fueron notadas por los panelistas encuestados, es decir que en ninguna de las encuestas se comentó este efecto negativo en el producto; es más, como se verá más adelante, fue uno de los productos con mayor sustitución de la harina de trigo el que fue preferido por los panelistas.

En lo que se refiere a la selección del pan en particular por medio de la preferencia de los panelistas, se puede

mencionar que el pan preferido fue el elaborado con la harina de soya integra nixtamalizada, después, en orden decreciente de preferencia, el hecho con harina de soya nixtamalizada sin grasa, luego el elaborado con harina de soya procesada industrialmente, el fabricado con concentrado de proteína, el hecho con aislado de proteína y el menos gustado fue el pan control (estos resultados se resumen en la tabla 7).

→ Estos datos evidencian una marcada preferencia por el pan elaborado con una sustitución de la harina de trigo con harina de soya integra nixtamalizada en 12.44 g, y un 87.56 g, de harina de trigo. Esta notable preferencia hace pensar que los panelistas no tomaron en cuenta, tanto las dimensiones del pan sino más bien su olor, color, sabor y esponjosidad, que fueron características notablemente mejores que las mismas dimensiones físicas del pan.

Por su parte, se utilizó una harina de soya integra nixtamalizada, es decir con toda su grasa (26.7 % \pm 1.0), que además de contribuir con el aporte de una grasa de mejor calidad por ser completamente natural, también ayudó en el balance económico ya que, la grasa proporcionada por la harina de soya se le restó a la grasa de la formulación en el momento de la fabricación del pan en un 17.73%. → La marcada preferencia por el pan hecho con esta fuente de proteína de soya hace pensar que la grasa contribuyó en gran medida en las buenas características organolépticas encontradas en el

pan incluso después de varios días de almacenamiento en condiciones ambientales. → Además, las características de olor, sabor, color y principalmente esponjosidad del pan dulce con el suplemento de harina de soya nixtamalizada, se conservaron casi sin ningún cambio debido a la propiedad de retención de agua que la soya posee. De esta manera fue evitada la deshidratación del pan y consecuentemente la transformación a un pan duro y seco, tal como ocurrió con el pan hecho únicamente a base de harina de trigo.

Sin embargo no se pueden descartar los efectos del procesamiento alcalino (nixtamalización) sobre las características organolépticas y funcionales del producto de soya elaborado por este tratamiento.

Además de los efectos funcionales descritos por el agregado de harina de soya, es de interés discutir el efecto complementario nutricional de esta fuente de proteína a las proteínas en la harina de trigo. A pesar que se ha indicado que la proteína de la soya es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cistina), es una excelente fuente de lisina, aminoácido que se encuentra en niveles deficientes en la proteína del trigo. Por otro lado, las proteínas de la harina de trigo contienen un poco más de aminoácidos azufrados que las que se encuentran en la proteína de la soya. Por consiguiente, al combinar las dos harinas se da un efecto complementario nutricional que incrementa el valor

proteínico del producto alrededor del 200%. (Ver cuadro 3 en apéndice A).

Este efecto complementario fue una de las razones a utilizar la soya como fuente de proteína, ya que como se mencionó antes, las harinas de trigo son deficientes en el aminoácido lisina (159 mg por gramo de nitrógeno total), mientras que una harina de soya contiene 394 mg por gramo de nitrógeno total. Otros aminoácidos que contribuyen al efecto complementario se resumen en el cuadro 6.

→ El análisis de estos hallazgos revela dos puntos de interés. Primero que la adición de cantidades relativamente pequeñas de harina de soya aumenta la calidad proteínica del cereal; y segundo, que la proteína total también aumenta en cantidades que exceden 4 a 5 veces más de la que contienen los cereales como el trigo.

Esto se puede apreciar por los datos de la tabla 3, en la cual se presenta el contenido de proteína, la cual varió entre 9.9 a 10.4%, y que es casi dos veces mayor que la del pan dulce sin suplemento (5.9%).

→ Este grupo de pan dulce suplementado con soya es por consiguiente de mayor contenido de proteína, de mejor calidad y con un contenido calórico estimado de 400 Kcal/100 gramos.

→ El hecho que el pan dulce fortificado con harina de soya nixtamalizada, es decir procesada con la adición de cal, haya sido de alta aceptabilidad es de mayor interés porque como ya

se discutió, contribuye con una pequeña cantidad de aceite, con proteína adicional (5 gramos) y mejora la calidad proteínica del producto por la contribución que hace en términos de aminoácidos. También proporciona niveles adecuados de calcio que se incorporan a la soya durante la nixtamalización. Sería de interés en el futuro conocer qué cantidades de calcio se pueden obtener a través de este procesamiento del grano de soya.

Finalmente se llegó a la etapa de la fortificación del producto con hierro y vitamina A, nutrientes muy limitantes en la ingesta de la mayoría de la población guatemalteca.

→

En esta última fase del estudio se contó con un suplemento de hierro que contenía 42.44 mg de mononitrato de tiamina, 27.59 mg de riboflavina, 340.50 mg de nicotinamida, 4.12 mg de ácido fólico y 585.35 mg de hierro reducido por gramo, y un suplemento de vitamina A en forma de palmitato con 500 000 U.I. por gramo. Estos productos de origen sintético fueron gentilmente proporcionados por Hoffman/La Roche y cumplen con altos estándares de calidad.

→ La estabilidad del hierro y la vitamina A al procesamiento, fue un factor de mucho interés en el estudio, ya que se conoce que el horneado puede reducir los niveles estos y otros nutrientes, en particular la vitamina A. Desde un inicio se planeó que con el consumo de dos unidades de pan se llenara el 35% de los requerimientos diarios de

hierro y vitamina A que un hombre adulto necesita.

Es importante indicar que varios de los ingredientes utilizados en la preparación del pan dulce forman parte de un programa de fortificación con algunos nutrientes. Tal es el caso de la harina de trigo, la cual contiene hierro, ácido fólico, niacina, tiamina y riboflavina. En el caso de la margarina y el azúcar, ambos ingredientes han sido fortificados con vitamina A.

Para determinar la cantidad del suplemento nutricional a adicionar se partió que el pan fue preparado con 57.24% de harina de trigo (que es donde fue incorporado el nutriente) y un 8.15% de harina de soya.

Los resultados obtenidos en los análisis de hierro total y hierro disponible se presentan en la tabla 8, expresados en mg por 32.2g que es el peso promedio de un pan dulce como fuera producido en este trabajo. En la masa, el hierro total y hierro disponible fue de 11.1 ± 0.3 mg y 0.7 mg respectivamente, mientras que en el producto horneado, el pan, las cifras fueron $12.0 \text{ mg} \pm 0.4$ y 2.0 mg para hierro total y hierro disponible, respectivamente. Las diferencias entre masa y pan, referentes al contenido de hierro, podrían explicarse con base en el contenido de humedad, que como el cuadro muestra, es mayor en la masa que en el pan. Tomando esto en consideración y expresando los valores de hierro total y disponible en base seca, las cifras obtenidas son de

16.0 mg de hierro total y 1.1 mg de hierro disponible en la masa seca, y de 14.9 y 1.7 mg en el pan. Respecto del hierro total, existe una recuperación de 93.1%, lo cual se puede considerar como un valor aceptable tomando en consideración el error experimental tanto de homogeneidad de la distribución del suplemento a la harina, el proceso y parte analítica. Respecto del hierro disponible, el pan dio valores un poco más altos que los que se encontraron en la masa. El hierro disponible en el pan es equivalente al 11.1% del hierro total, y en la masa el valor es del 6.7%. Estas diferencias podrían explicarse con base en lo ya indicado para hierro total, o tal vez por una menor capacidad de la enzima utilizada para liberar el hierro disponible en la masa, en la cual la levadura está activa. Esta actividad de la levadura se eliminó durante el horneado, haciendo que la enzima fuera más eficiente en liberar el hierro y consiguientemente dar valores de hierro disponible un poco más altos. Es un aspecto que debe ser investigado. La cantidad de hierro disponible en el pan corresponde a un 94.8% del valor teórico, lo cual se considera como aceptable.

Por otra parte, es sabido que un hombre adulto necesita diariamente 1000 microgramos de retinol (3330 U.I.), y se pretendía que cada unidad de pan aportara 583 U.I. de vitamina A, por lo que al consumir dos unidades se llenarían los requerimientos planeados inicialmente, siempre

considerando una pérdida del 25% de estos nutrientes durante el horneado.

Los resultados al análisis de vitamina A, tanto antes como después del horneado, fueron los siguientes:

37.4 ± 0.9 U.I./g en la mezcla de harina de trigo y Vit A

15.8 ± 0.1 U.I./g en el azúcar,

35.0 U.I./g en la grasa (margarina),

27.1 ± 1.5 U.I./g para el producto terminado,

pero si se toma que cada unidad de pan tiene en promedio 32.2 gramos de peso, se obtienen los siguientes datos:

1204.28 U.I./32.2g en la mezcla de harina de trigo y Vit. A,

508.76 U.I./30 g para el azúcar, 1127 U.I./30 g para la

grasa, y si luego se toma en cuenta que cada pan de 32.2

gramos contiene 57.24% de harina de trigo, 24.52% de azúcar y

10.08% de grasa se puede decir que cada ingrediente

mencionado da el siguiente aporte:

689.3 U.I. para la mezcla de harina de trigo y Vit. A,

124.7 U.I. para el azúcar, 113.6 U.I. para la grasa,

que totalmente son 927.6 U.I. por pan; y si este dato se

compara con el resultado obtenido del análisis de vitamina A

del producto terminado que es 27.1 ± 1.5 U.I./g se obtienen

872.6 U.I. por pan.

Esta cantidad es mayor que la que se había calculado, ya que en este cálculo no se tomó en consideración el aporte de vitamina A en los ingredientes, como se indicara

anteriormente.

La pequeña pérdida de vitamina A en el pan dulce podría ser debido a que por su estructura, en particular el volumen, el efecto del horneado no es tan drástico como lo que podría ocurrir con una galleta.

→ Finalmente vale la pena indicar que a través del uso de pequeñas cantidades de harina de soya íntegra nixtamalizada y de suplementos de vitamina A y hierro, se puede producir un pan dulce rico en energía, proteína de buena calidad y de nuevo, nutrientes como vitamina A y hierro.

Estas son razones poderosas que indican que se deben coordinar estrategias para enriquecer alimentos de consumo masivo como el pan dulce, implementando el uso de harinas compuestas en panaderías, en particular harina de trigo con harina de soya íntegra nixtamalizada. Esto se puede lograr a través de programas de fortificación similares a los ya existentes, para que la harina destinada para la fabricación de pan dulce ya esté adecuadamente mezclada con la harina de soya íntegra nixtamalizada. Además se requiere una adición de vitamina A y una mayor cantidad de hierro, a la mezcla de harinas antes mencionada.

El efecto económico que este nuevo producto tiene sobre la población de escasos recursos económicos se puede ver en la tabla 11, donde se observa que el precio alcanzado por el pan experimental no es significativamente mayor respecto del pan dulce tradicional.

VIII. CONCLUSIONES

A. Durante la elaboración de los panes hechos con las distintas fuentes de proteína de soya sí hubo diferencias muy notables en el manejo de las masas, especialmente las de los panes hechos con harina de soya nixtamalizada, nixtamalizada sin grasa y harina de soya procesada industrialmente. Estas diferencias fueron básicamente una notable absorción del agua de la formulación. Dio como resultado, masas un poco pegajosas y difíciles de manejar.

B. Durante la evaluación física de cada tipo de pan se comprobó que sí hubo diferencias significativas entre todas las dimensiones evaluadas.

C. El pan preferido por los panelistas fue el elaborado con la harina de soya íntegra nixtamalizada siguiendo en orden decreciente de preferencia el hecho con harina de soya nixtamalizada sin grasa, luego el elaborado con harina de soya procesada industrialmente, el fabricado con concentrado de proteína, el hecho con aislado de proteína y el menos gustado fue el pan control.

D. La notable preferencia por el pan hecho con harina de soya íntegra nixtamalizada hace pensar que fue tanto la grasa como la propiedad de retención de agua que la soya posee, las

responsables en gran medida de las buenas características organolépticas encontradas en el pan aún después de varios días de almacenamiento.

E. El efecto complementario fue una de las razones a utilizar la soya como fuente de proteína, ya que las harinas de trigo son deficientes en lisina, mientras que una harina de soya contiene concentraciones altas de este aminoácido.

F. El papel que la proteína de soya jugó en este estudio es doble, primero como proteína suplementaria del trigo como cereal, y segundo, como el componente proteínico principal del pan dulce experimental.

G. La adición de cantidades relativamente pequeñas de harina de soya aumenta la calidad proteínica del trigo, y la proteína total también aumenta en cantidades considerables.

H. A través de la suplementación con hierro, se obtuvo un pan que por un peso de 32 a 33 gramos proporcionaba 1.7 mg de hierro disponible, lo que representa aproximadamente el 17% de los requerimientos de un hombre adulto.

I. El análisis de vitamina A del producto terminado dio un resultado de 813 U.I. por pan, cantidad que representa el 26.2% de los requerimientos de vitamina A de un hombre adulto.

J. A través de la adición de pequeñas cantidades de harina de soya nixtamalizada y de suplementos de hierro y vitamina A, se logró producir un pan dulce que llenaba las siguientes características: dimensiones físicas iguales al pan control, alta aceptabilidad, mayor nivel de proteína y de mejor calidad, niveles mayores de calcio de la soya nixtamalizada, de hierro disponible y de vitamina A.

K. Estimar los costos de los ingredientes utilizados por proteína, hierro y vitamina A.

L. Difundir los resultados.

IX. RECOMENDACIONES

- A. Investigar con mayor detalle los efectos de la cocción de la soya con cal en sus características funcionales y contenido de calcio para panificación.
- B. Estudiar las razones por las pérdidas en la disponibilidad del hierro durante el horneado.
- C. Evaluar in vivo los efectos del aumento en la cantidad de proteína y de su calidad, así como la biodisponibilidad del hierro en el pan y sobre el mayor contenido de vitamina A.
- D. Estimar los costos de un pan dulce fortificado con proteína, hierro y vitamina A.
- E. Difundir los resultados.

X. BIBLIOGRAFIA

Bressani, Ricardo. "Calidad proteínica de la soya y su efectividad suplementaria". Guatemala, C.A. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 1975. 58 pp.

Fellers, David A. & Bean, Maura M. "Composite flours". 1988. Food Reviews International Vol. 4. Albany, California, USA. pp 213-235.

Grant, James P. "Estado mundial de la infancia". 1991. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) J&J Asociados, Barcelona, España. 225 pp.

Lynch, Sean R., Bothwell, Thomas H., Hurrell, Richard F., 1988. "Iron EDTA for food fortification". A report of the International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG). Washington, D.C. USA. 57 pp.

Manual del Seminario "TECNICAS DE PANIFICACION" patrocinado 1991 por "Great Plains Wheat" U.S. Wheat associates, Inc. INTECAP. Guatemala C.A. 60 pp.

Mendenhall, W., Scheaffer, R., & Wackerly, D. "Estadística matemática con aplicaciones". 1986. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F. pp: 527-540, 700-709.

Scrimshaw, Nevin S. "Carencia de hierro y Carencia de vitamina A". 1991. Prensa Científica S.A. y Scientific American Inc. 158 pp.

ANEXO A
CUADROS



Cuadro 1
Análisis promedio de la harina de trigo

	Porcentaje mínimo	Porcentaje máximo
Proteína	7.50	15.00
Cenizas	0.30	1.00
Grasa	1.00	1.50
Carbohidratos	68.40	76.50
Humedad	10.00	14.00

Tomado de (5)

Cuadro 2

Niveles en que se puede sustituir la harina de trigo

Tipo de harina	Rango de sustitución de la harina de trigo (%)
Almidones modificados	20-40
Arroz	10-30
Raíces	5-20
De alto valor proteico	3-15

Tomado de (2)

Cuadro 3

Efecto suplementario de la proteína de soya a los cereales

Cereal	Nivel de soya (%)	IEP	Proteína adicional derivada de la soya (g.%)
Harina de trigo	---	0.70	---
Harina de trigo+ harina de frijol de soya	10.0	2.01	5
Trigo integral	---	1.32	---
Trigo integral+ harina de frijol de soya	8.0	1.91	5

IEP: índice de eficiencia proteica. Tomado de (1)

Cuadro 4

Calidad de la proteína del pan, con y sin el agregado de harina de soya

Tipo de pan	Composición, %		Promedio de ganancia en peso* (g)	Ganancia, g/ proteína consumida
	H ₂ O	Proteína		
Blanco	9.5	14.0	32	0.92
12% de soya	9.2	18.3	120	1.55

*Dieta 91.5% de pan molido + 2% de premezcla vitamínica + 2% premezcla de minerales + 3% de grasa.
Tomado de (1)

Cuadro 5

Mezcla de calidad proteínica máxima elaboradas
con harinas de trigo y soya

Tipo de harina	Distribución de la proteína, %	Distribución del peso (%)	Contenido de proteínas de las mezclas (%)	IEP
Trigo	40	76	19.0	2.30
Soya	60	24		

Tomado de (1)

Cuadro 6

Efecto complementario en el contenido de
aminoácidos en la harina de trigo y de soya

Aminoácido	Harina de trigo (mg por gramo de nitrógeno total)	Harina de soya
Lisina	159	394
Isoleucina	232	331
Leucina	379	481
Treonina	192	250
Triptófano	68	88
Valina	270	325

ANEXO B
F I G U R A S

FIGURA No. 1
Efecto suplementario

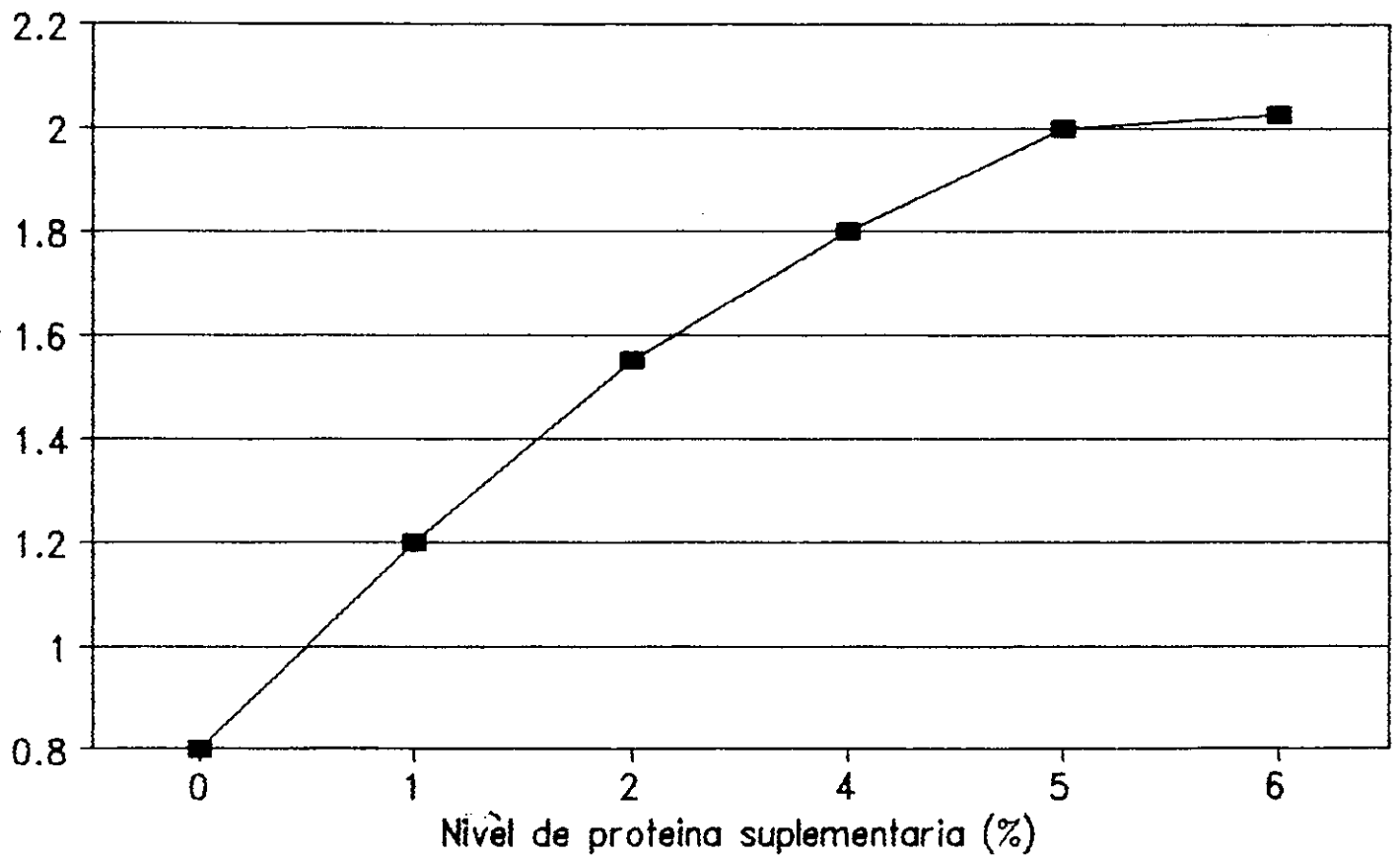


FIGURA No. 2
Efecto complementario

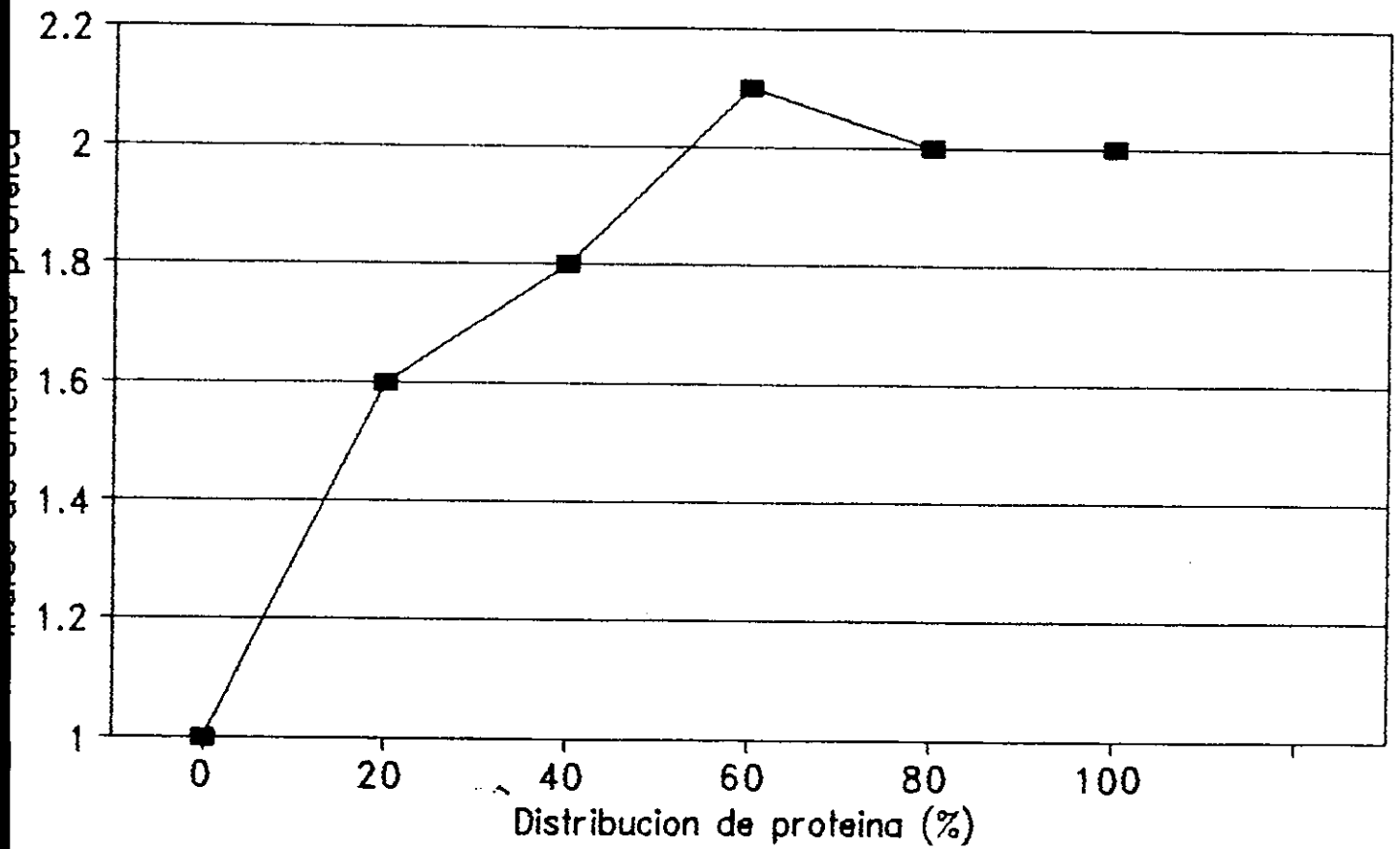




FIGURA No.3

Muestra: _____

EVALUACION SENSORIAL

1. ¿Qué opina sobre el sabor?



Comentario _____

2. ¿Qué opina sobre el olor?



Comentario _____

3. ¿Qué opina sobre el color?



Comentario _____

4. ¿Qué opina sobre la esponjosidad?



Comentario _____

ANEXO C

T A B L A S D E R E S U L T A D O S



Tabla 1

Datos sobre la caracterización física
y nutricional del pan dulce control

Análisis físico y químico	Promedio ± desviación estándar
Peso	34.9 ± 1.3 g
Diámetro	6.7 ± 0.2 cm
Altura	3.2 ± 0.3 cm
Volumen	73.4 ± 5.1 cm ³
Humedad	14.9 ± 0.5 %
Grasa	15.7 ± 0.6 %
Proteína	5.9 ± 0.3 %
Concentrado de proteína	1.0 ± 0.1
Concentrado de proteína	10.0 ± 0.1
Concentrado de proteína	10.0 ± 0.1

n.d. no determinado

Tabla 2

Datos sobre la caracterización de la materia prima

Materia prima	Promedio \pm desviación estándar		
	% Humedad	% Grasa	% Proteína
Harina de trigo	14.1 \pm 0.2	1.2 \pm 0.01	6.8 \pm 0.2
Harina de soya integral nixtamalizada	4.4 \pm 0.2	26.7 \pm 1.0	40.2 \pm 1.1
Harina de soya nixtamalizada sin grasa	4.4 \pm 0.2	n.d.	47.1 \pm 1.1
Harina de soya procesada industrialmente	6.2 \pm 0.1	26.5 \pm 0.6	34.4 \pm 1.3
Concentrado de proteína de soya	6.0	0.5	70.0
Aislado de proteína de soya	6.0	1.0	90.0

n.d.: no determinado

Tabla 3

Datos sobre los panes hechos con las fuentes de proteína

Tipo de pan	Promedio \pm desviación estándar		
	% Humedad	% Grasa	% Proteína
Control	14.9 \pm 0.5	15.7 \pm 0.6	5.9 \pm 0.3
Harina de soya inte gra nixta malizada	17.1 \pm 0.1	18.9 \pm 0.6	10.4 \pm 0.7
Harina de soya nixta malizada sin grasa	17.1 \pm 0.1	18.7 \pm 0.2	10.3 \pm 0.3
Harina de soya proce sada indus trialmente	15.6 \pm 0.1	18.4 \pm 0.5	9.9 \pm 0.1
Concentrado de proteína de soya	17.1 \pm 0.1	19.1 \pm 0.1	10.0 \pm 0.3
Aislado de proteína de soya	16.4 \pm 0.01	18.5 \pm 0.6	9.9 \pm 0.2

Tabla 4

Dimensiones de los panes hechos con las fuentes de proteína

Tipo de pan	Promedio \pm desviación estándar			
	Peso (g)	Diámetro(cm)	Altura(cm)	Volumen(cm ³)
Control	34.9 \pm 1.3	6.7 \pm 0.2	3.2 \pm 0.3	73.4 \pm 5.1
Harina de soya ínte gra nixta malizada	32.2 \pm 2.6	7.0 \pm 0.1	2.6 \pm 0.1	70.6 \pm 2.4
Harina de soya nix tamalizada sin grasa	34.4 \pm 1.4	6.8 \pm 0.3	3.1 \pm 0.2	75.6 \pm 1.7
Harina de soya proce sada indus trialmente	31.8 \pm 1.0	6.9 \pm 0.1	3.2 \pm 0.1	73.1 \pm 0.9
Concentra do proteí na de soya	31.9 \pm 1.4	6.7 \pm 0.3	3.2 \pm 0.2	73.3 \pm 0.8
Aislado proteína de soya	33.8 \pm 1.3	7.1 \pm 0.1	3.4 \pm 0.1	75.7 \pm 1.8

Tabla 5

Resultados del análisis de varianza entre los panes hechos con las distintas fuentes de proteína de soya respecto el control

Dimensión	Fexperimental		Fcritica	Resultado
Peso	4.3	>	2.482	Si hay diferencia significativa
Diámetro	8.8	>	2.482	Si hay diferencia significativa
Altura	28.8	>	2.482	Si hay diferencia significativa
Volumen	15.7	>	2.482	Si hay diferencia significativa

Tabla 6

Resultados del análisis de varianza entre el pan hecho con harina de soya nixtamalizada fortificado con hierro y Vit. A respecto al mismo tipo de pan sin fortificar

Dimensión	Experimental		Control	Resultado
Peso	1.1	<	4.75	No hay diferencia significativa
Diámetro	6.3	>	4.75	Si hay diferencia significativa
Altura	248.4	>	4.75	Si hay diferencia significativa
Volumen	2.3	<	4.75	No hay diferencia significativa

Tabla 7

Datos sobre los resultados de la evaluación sensorial

	Gusta mucho	Gusta poco	Ni gusta ni disgusta	Disgusta poco	Disgusta mucho
Harina de sova integra nixtamalizada	25	12	3	0	0
Harina de sova nixtamalizada sin grasa	22	16	2	0	0
Harina de sova procesada industrialmente	15	16	8	1	0
Concentrado de proteína de soya	8	17	9	6	0
Aislado de proteína de soya	2	17	13	5	3
Control	0	11	13	14	2

Tabla 8

Resultados sobre el análisis de hierro total y hierro soluble

	Masa (mg hierro)	Pan (mg hierro)
Hierro total en 32.2 g	11.1 ± 0.3	12.0 ± 0.4
Hierro soluble en 32.2 g	0.7	2.0
% H ₂ O	30.8 ± 0.5	19.5 ± 0.7
% materia seca	69.2	80.5
Hierro total corregido por humedad en 32.2g	16.0	14.9
Hierro soluble corregido por humedad en 32.2g	1.1 ± 0.1	1.7 ± 0.1
Valor teórico de hierro solu- ble en 32.2 g		1.75

Tabla 9

Resultados sobre el análisis de vitamina A

Producto	Vitamina A (U.I./g)	Vitamina A (U.I./pan)
Mezcla de harina de trigo + vitamina A	37.4 ± 0.9	689.3
		} + = 927.6
Margarina	15.8 ± 0.1	
	35	113.6
Producto terminado	27.1 ± 1.5	872.6

Tabla 10

Resumen de la composición química del pan dulce fortificado

Nutriente	Producto terminado
% proteína	10.4 % ± 0.69
% grasa	18.9 % ± 0.65
Hierro total por pan	14.9 mg
Hierro disponible por pan	1.7 mg
Vitamina A por pan	872.6 U.I.

Tabla 11

Análisis económico del pan dulce experimental

Ingrediente	Precio (quetzales)	
	Pan control	Pan experimental
Harina de trigo	3.30	2.89
Harina de soya ínte- gra nixtamalizada	--	0.39
Carbonato de calcio	0.65	0.65
Azúcar	1.35	1.35
Grasa	1.58	1.29
Levadura	0.70	0.70
Sal	0.01	0.01
Esencias	0.15	0.15
Líquido total	---	---
Hierro	---	0.02
Vitamina A	---	0.07
Horneo	1.00	1.00
Mano de obra	0.90	0.90
Depreciación	10%	10%
Total	10.51	10.27
Rendimiento *	74 unidades	70 unidades
Precio por pan	0.1421	0.1467

* El rendimiento se hizo experimentalmente.