



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE SUROCCIDENTE-
IIDESO**
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIÓN – DIGI
**PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTACION Y NUTRICION -
PRUNIAN**



***Biodisponibilidad y efecto del sabor en el enriquecimiento con
hierro de la harina de malanga-ajonjolí
(INFORME FINAL)***

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN:

Ing. Agr. Erick Alexander España M.
COORDINADOR
Ing. Alm. Edna Patricia Loarca Huertas.
INVESTIGADORA
Ph.D. Ricardo Bressani C.
ASESOR

Mazatenango, enero de 2008.

AGRADECIMIENTOS

El éxito del estudio fue posible a la colaboración de personas y empresas que colaboraron de diferentes formas a que el estudio se llevara a cabo las cuales merecen nuestro reconocimiento:

Dr. Ricardo Bressani.

Director del instituto de investigación de ciencia y tecnología de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.

Grupo Unipharm.

Quirsa, S.A.

INDUSTRIA AJONJOLINERA UNIONEXPORT, S.A.

Sr. Donato López.

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	2
II. ANTECEDENTES	3
1. Algunas experiencias de fortificación de alimentos	3
2. La harina de malanga-ajonjolí	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. OBJETIVOS	5
V. REVISIÓN LITERARIA	5
1. Alimentos fortificados	5
2. La importancia de fortificar con hierro	6
3. El hierro y su biodisponibilidad	8
VI. METODOLOGÍA	9
1. Para fortificar la harina de malanga –ajonjolí	9
2. Para estimar la biodisponibilidad de hierro en la harina fortificada	10
3. Evaluación de efecto en el sabor de la harina fortificada	12
4. Para estimar los costos de fortificación	13
VII. PRESENTACION DE RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN	13
VIII. CONCLUSIONES	21
IX. RECOMENDACIONES	23
X. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	23

RESUMEN

La harina de malanga-ajonjolí fue fortificada con hierro en los niveles de 14, 17 y 20 mg de hierro por 100 g de harina, utilizando dos sales: Sulfato de hierro anhidro y Hierro bisglicinado.

La harina fortificada se le determinó hierro total para verificar que se alcanzaran los niveles calculados para la harina, donde se encontró que los valores alcanzados son satisfactorios aunque levemente menores a los calculados, debido a la naturaleza de la harina que tiende a aglutinarse impidiendo una completa homogenización de la sal con la harina.

Para estimar el aprovechamiento del hierro suplementario, se hizo un ensayo de biodisponibilidad del hierro donde se encontró que el valor biológico del hierro bisglicinado es comparable con el del sulfato ferroso en un porcentaje de 99; 101 y 109 indicando un mejor aprovechamiento del hierro proveniente del hierro bisglicinado que el del sulfato ferroso, además se encontró un mejor aprovechamiento por cantidad de hierro consumido a un nivel de fortificación de 14 mg Fe / 100 g de harina.

El efecto del sabor fue evaluado a por medio de un panel de evaluación sensorial utilizando pruebas triangulares, encontrándose que no existe efecto en el sabor por tipo de sal de hierro utilizado para fortificar ni tiene efecto por nivel de fortificación utilizando hierro bisglicinado, sin embargo, si tiene efecto sensible en los niveles de 14 y 20 utilizando sulfato de hierro anhidro.

El costo de fortificación de la harina de malanga-ajonjolí esta en función de un costo fijo que es el costo de operación que para el estudio es de Q.3.75/ Kg de harina producida y un variable que depende de la cantidad de harina que se produzca, que es de Q. 0.12/kg de harina producida.

Palabras clave: *Fortificar, sulfato de hierro, hierro bisglicinado, biodisponibilidad de hierro, efecto de sabor, costo del proceso de fortificación.*

I. INTRODUCCION.

En el año 2,005 se desarrolló una harina mezclando malanga y ajonjolí, con el objetivo de presentar una mezcla utilizando los recursos fitogenéticos de la región. Con ello se pretendió complementar y balancear los nutrientes, para un mejor aporte a los consumidores. Sin embargo, aunque la mezcla dio un buen resultado y el aporte proteico mejoró; aún no se considera una mezcla que satisfaga las necesidades nutricionales, en lo que respecta a micro nutrientes, especialmente hierro y vitamina A, que son los de mayor demanda en nuestro país.

Como lo hace notar Álvarez, (2,003), la fortificación de alimentos con micro nutrientes, ayuda a balancear las necesidades nutricionales de los alimentos, aunque hay que hacerlo con cautela y en cantidades que aseguren que dicho alimento no afecte la salud de los consumidores ya sea por sobre dosificación o bien que afecte el sabor del alimento haciéndolo menos apetecible.

El estudio realizado muestra cuales cuáles pueden ser los factores que afectan el proceso de fortificación de la harina de malanga-ajonjolí además de conocer la biodisponibilidad del hierro que se utilizó para fortificar, estimándose el valor regenerativo.

También se hizo un estudio de evaluación sensorial para determinar el efecto del sabor en el enriquecimiento con hierro de la harina de malanga – ajonjolí.

Era necesario estimar los costos relacionados con el proceso de fortificación para sentar las bases de un estudio económico o factibilidad que le motive a la industria a producir la harina, aquí presentada.

II. ANTECEDENTES.

1. Algunas experiencias de fortificación con hierro de harinas en Guatemala.

A la fecha, en Guatemala se ha trabajado fortificación con hierro de harinas de trigo y especialmente harinas de maíz, esto debido a que por ser parte de la dieta tradicional de los guatemaltecos, los hace vehículos atractivos para satisfacer el objetivo general de ayudar a disminuir el problema de deficiencia nutricional por falta de este mineral, de los trabajos que se pueden mencionar están los elaborados por el Ph.D. Bressani, Ing. Leonardo de León e Ing. Misael Alvarado.

En los estudios desarrollados, han usado diferentes niveles de hierro, dependiendo de la materia prima, por ejemplo el maíz, debido al proceso de nixtamalización, el contenido de calcio afecta la biodisponibilidad del hierro, (Bressani, 2,000), por lo que en sus ensayos se buscaba satisfacer la necesidad de hierro a un nivel de 1.6 mg Fe/día que es la pérdida diaria según National Research Council (NRC), citado por Bressani, (2000).

Los niveles de hierro suplementarios, están en función de la porción de ingesta del alimento base; generalmente se agrega 20 mg hierro/ 100 g de alimento, asumiendo que por lo general se consumen 25 g de alimento, se están ingiriendo 5 mg de hierro que estarían cubriendo con amplitud la pérdida diaria.

En los estudios realizados, se han usado diferentes fuentes de hierro para fortificar, de los que se mencionan: Sulfato De hierro anhidro, Fumarato Ferroso, EDTA sódico férrico y Hierro Bisglicinadoto de hierro (Hierro aminoquelado).

El sulfato ferroso, es el más utilizado por el costo de adquisición, sin embargo en los estudios realizados se ha observado mejor absorción del hierro aminoquelado, además de brindar mejores resultados en cuanto menor efecto en el sabor y color de los alimentos. (De León. 2001).

Un aspecto que es necesario observar, es la forma de cómo incorporar el hierro suplementario en la harina, de acuerdo a Bressani, (2005) en el estudio de Estabilidad en el almacenamiento ... “es muy importante elaborar una premezcla con materia prima y compuesto suplementario, antes de hacer la operación de fortificación, para una mejor distribución del producto, así como también tiempo de mezclado, tanto para hacer la premezcla, como para la operación final, en el estudio mencionado se recomienda diez minutos para premezcla y 30 para el mezclado final”.

2. La harina de malanga – ajonjolí.

La harina de malanga – ajonjolí se desarrollo en el año 2,005, con el propósito de utilizar los recursos locales de la región y formular una alternativa de alimento a los consumidores de malanga (*Colocasia esculenta*), quienes la cultivan en huertos caseros (Loarca, E. 2005).

La malanga (*Colocasia esculenta*), por sí sola es muy apetecible en la región, sin embargo, su valor nutricional es escaso, especialmente en proteínas, por lo que se

decidió hacer una mezcla con ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) quien es rico en proteínas, y así complementar las deficiencias (Loarca, E. 2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que a medida que aumenta la concentración de ajonjolí, así aumenta la concentración de proteína, sin embargo, el puntaje químico evidenció que la calidad proteica con respecto al contenido de lisina disminuye a razón que aumenta la concentración de ajonjolí. Por lo que puede tomarse la mezcla 75:25 como la más recomendable, por su valor intermedio en el puntaje químico (Loarca, E. 2005).

En el estudio de la harinas obtenidas, se hizo un análisis bromatológico que serviría como base para recomendar la harina de mayor o mejor aporte nutricional, sin embargo los resultados no mostraron alguna diferencia que ayudara a concluir al respecto, como tampoco se previó hacer un estudio del contenido de minerales o micro nutrientes que ayudarían a concluir al respecto (Loarca, E. 2005).

Uno de los principales resultados obtenidos en la investigación de la mezcla, fue que se dio paso a la optimización de recursos locales, tal como lo sugiere la estrategia de Seguridad alimentaria (Loarca, E. 2005).

III. Justificación del estudio.

La necesidad de hacer un mejor uso de los recursos naturales en el aprovechamiento de la producción de alimentos que produce la región, hizo que se desarrollara la harina de la mezcla de malanga – ajonjolí, la cual puede ser utilizada para diversos productos como: atoles, tortitas saborizadas, repostería, entre otros. Sin embargo, esta harina no satisface todos los requerimientos nutricionales, especialmente en lo referente a micro-nutrientes (Loarca, E. 2005).

Como lo hace notar Quintero (2,006), la deficiencia de hierro, es uno de los problemas que más afecta a los pueblos en desarrollo, la cantidad de hierro que se pierde al día en promedio es de aproximadamente 1.6 mg/día según lo reportado por NRC (National Research Council), y alcanza valores de 1.8 mg/día en mujeres en edad reproductiva, por lo que es necesario consumir alimentos que satisfagan estas necesidades.

Hoy en día, para lograr disminuir el problema de falta de hierro, se han desarrollado alimentos fortificados, aunque esto involucra algunas consecuencias, como obscurecimiento en los alimentos en el momento de cocinarlos o desarrollo de sabores indeseables.; por otro lado, en algunos casos al fortificar con hierro, algunos de los compuestos como el calcio, presentes en los alimentos intervienen, disminuyendo la biodisponibilidad del hierro. (Bressani, 2000)

La investigación se puede justificar bajo diferentes puntos de vista:

1. Desde el punto de vista nutricional.

La importancia de desarrollar la investigación en la fortificación de la harina malanga-ajonjolí, esta en presentar a los consumidores una alternativa más de alimento con el aprovechamiento de los recursos fitogenéticos disponibles de la región y que garantice calidad nutricional puesto que además de su valor energético, también hay aporte de

micro nutrientes como el hierro que favorecen el buen desarrollo físico y mental del organismo humano.

2. Desde el punto de vista económico y social.

Los resultados de la investigación serán de gran valor para la presentación de un nuevo producto a base de malanga-ajonjolí, el cual dará un impulso a los productores de malanga y ajonjolí, que cultivan en la región sur occidental de Guatemala, aprovechando los recursos naturales que aquí se producen en los huertos familiares, a desarrollar en un futuro cercano, productos creativos e innovadores que beneficien a los consumidores.

3. Desde el punto de vista científico.

Como parte de una investigación de ciencia básica, puede ser la base de futuros estudios para la formulación de proyectos productivos e investigaciones científicas-tecnológicas, que generen la presentación de nuevos productos para nuevos mercados.

IV Objetivos.

1 General.

Fortificar la harina de malanga-ajonjolí con hierro, para obtener una harina con mejor valor alimenticio y así presentar un nuevo producto, que pueda coadyuvar en combatir el problema de anemia nutricional por falta de hierro.

2 Específicos.

Fortificar harina de malanga-ajonjolí con hierro amino-quelado en tres niveles de hierro: 20; 17 y 14 mg Fe/100 g de harina, para asegurar la ingesta necesaria de hierro, según requerimientos humanos de nutrición.

Estimar la biodisponibilidad del hierro en la harina fortificada para estimar el aprovechamiento del hierro adicionado.

Evaluar si existe algún efecto negativo en el sabor de la harina fortificada que pueda influenciar la decisión de fortificar la harina de malanga-ajonjolí.

Estimar los costos de fortificación de la harina malanga-ajonjolí, para referencia en procesos futuros de industrialización.

V. Revisión literaria.

1. Alimentos fortificados.

Álvarez, L. (2,005) indica que un alimento es considerado enriquecido o fortificado cuando la proporción de uno o varios de los nutrientes que lo componen es superior a su composición normal y cuando esta modificación se realiza de forma artificial.

Torun, B. Citado por De León, L. (2,001) define la fortificación de alimentos como la adición de uno o más nutrientes que no están presentes naturalmente en un alimento o en el agua, para usarlos como vehículos de administración del nutriente.

El Codex Alimentarius, (1,987) indica que es la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento con el propósito de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o grupo específico de la población.

En cualquiera de las definiciones que se encuentren, se comprende que los alimentos se fortifican, agregándoles un nutriente del cual carezca o sea deficiente, con la finalidad de mejorar la calidad nutricional de las personas que los ingieren.

La fortificación de los alimentos empezó en el siglo XIX cuando el químico francés Boussingault, recomendó añadir yodina a la sal, a partir de entonces se ha tratado de fortificar alimentos, especialmente la leche, la cual ha sido un atractivo vehículo para agregar nutrientes y así mejorar la nutrición especialmente en infantes (Álvarez, L, 2005).

La fortificación de alimentos, se ha desarrollado de acuerdo a los reportes de la OMS, en cuestiones de deficiencias de nutrientes que perjudican la salud, debido a la calidad de la dieta de las poblaciones, según sus hábitos alimenticios, en las cuales se ha encontrado deficiencia tanto de vitaminas como minerales. La fortificación de alimentos es una de las estrategias que se manejan para la prevención y control de las deficiencias de las vitaminas y minerales. (Guamuch, M. 2,003 y De León L. 2,001).

Guamuch, M. (2,003) reporta que las principales deficiencias de micro nutrientes que padecía Centro América eran: yodo, vitamina A, hierro, riboflavina, ácido fólico y fluor.

2. La importancia de fortificar con hierro.

Tal como lo indica De León, L. (2,001), una de las principales deficiencias nutricionales en los humanos, es el hierro, especialmente en países en vías de desarrollo; los reportes de la OMS, citados por Quintero, F (2,006) indican que más de 2,100 millones de personas en todo el mundo, tienen deficiencias de hierro.

Esta deficiencia es mayor en los grupos de población con crecimiento acelerado (niños y mujeres adolescentes) y en las mujeres en edad fértil, sobre todo en embarazadas y en periodo de lactancia. Entre la población infantil, la falta de hierro es más frecuente entre los cuatro meses y los tres años, periodo durante el cual el hierro total del organismo debe ser más del doble por kilogramo de peso que en otras edades debido al crecimiento acelerado y al aumento de la masa eritrocitaria (Quinteros, F. 2006).

Tal como lo reporta De León L. (2,001), la mayoría de las personas que sufren de estas carencias, son individuos que viven en países en vías de desarrollo, en donde la deficiencia alcanza hasta el 70 % en niños en edad pre-escolar y hasta el 80 % en mujeres embarazadas.

La carencia de este mineral pueden llegar a afectar al desarrollo intelectual, sobre todo entre la población infantil, es el responsable de gran cantidad de anemias, relacionadas

con sensaciones de agotamiento o incapacidad para realizar esfuerzos físicos. Como solución a esta deficiencia, se opta por suplementar la alimentación con sustitutos como el sulfato ferroso o el hierro orgánico. (Álvarez, 2,005)

Para solucionar el carácter limitante del hierro en la dieta se ha optado por suplementar la alimentación, aunque las moléculas elegidas no son eficaces por igual. Además, algunas de ellas han mostrado sensibilidad y/o toxicidad intestinal, lo que lleva a limitar su empleo a situaciones muy concretas.. (Álvarez, 2,005).

La forma química del hierro es el principal factor que influye sobre la biodisponibilidad. En la naturaleza se presenta de dos formas: hierro no hémico y hierro hémico, siendo esta última la forma con mejor biodisponibilidad, se le encuentra en alimentos de origen animal, mientras que el hierro no hémico, proviene en alimentos de origen vegetal, lamentablemente es poco biodisponible, lo que hace que alimentos de origen vegetal, aunque contengan cantidades apreciables de hierro, este no sea bien aprovechable en el organismo, por lo que se han creado compuestos para suplementar esta deficiencia, tal es el caso del sulfato ferroso, después de que se haya demostrado que la forma de absorber el hierro es precisamente creando sales ferrosas. (Quintero, A. 2,006)

La fortificación con hierro empezó hace más de 50 años, específicamente en el año 1,941 con los cereales de desayuno, y de ahí el éxito de los cereales de desayuno, que son apetecibles, rápidos de preparar y de alto valor nutritivo. (INCAP. 2,006)

En Guatemala y el resto de Centro América, se han creado programas de fortificación de alimentos con hierro, para los cuales INCAP en su mayoría, ha realizado varios estudios especialmente en harinas de maíz y trigo, siendo que estos granos son los componentes básicos de la dieta guatemalteca. Sin embargo, siendo que los problemas de la deficiencia de hierro, es un problema que afecta a toda la población guatemalteca, y tal como lo denuncia Guamuch, M. (2,003), “La deficiencia de hierro es difícil de resolver, principalmente por la baja absorción de este nutriente en dietas basadas predominantemente en el consumo de cereales y vegetales, como es el caso de Centro América”, por lo que propone la fortificación de otros alimentos consumidos por las poblaciones.

La INCAPARINA, desarrollada alrededor de los años 50, que consiste en una mezcla vegetal de cereales que hacen un poderoso alimento por su valiosa contribución de proteínas, vitaminas y minerales, también ha sido fortificada entre otras con hierro. (INCAP, 2006)

Las harinas desarrolladas por Bressani, Ph.D, INCAP, fueron desarrolladas con cereales que se cultivan en la región, tales como maíz, semillas de algodón (en la época que se producía algodón en Guatemala), lo que las hace harinas de bajo costo de producción, porque no tenía que importarse materia prima para su producción, sin embargo, tal como menciona De León, L. (2001), los tiempos han cambiado, y es necesario buscar alternativas de alimentos que satisfagan las necesidades de demanda de alimentos y a la vez cumplan con los requerimientos nutricionales de nuestras poblaciones.

3. El hierro y su biodisponibilidad.

Cuando se habla de biodisponibilidad, se habla de la fracción ingerida que se utiliza para reservas o funciones normales del organismo.

Como se mencionó anteriormente, la biodisponibilidad del hierro, depende de su forma química, especialmente, aunque influyen otros factores como: el sexo, la edad, la etapa de desarrollo, características y anomalías genéticas, la flora intestinal, el estado fisiológico y nutricional, el estado de salud en general; flora intestinal, el tiempo de tránsito y pH gastrointestinal y la capacidad individual para adaptarse a variaciones en el aporte de nutrientes, a los que Quintero (2,006) llama factores intrínsecos del individuo. Pero también menciona factores extrínsecos, tales como: la cantidad total del nutriente en la dieta, sus propiedades físico-químicas, pH, quelación, solubilidad, cociente concentración/dosis, peso molecular de los complejos, componentes alimenticios no solubles, estado de oxidación, formación de micelas, estructura de los ligandos y receptores, interacciones con otros nutrientes o elementos de la dieta y estado físico del alimento, entre otros.

Quintero, (2,006) hace un análisis de las técnicas actuales que se utilizan para evaluar la biodisponibilidad del hierro, técnicas que se clasifican en estudios *in Vitro* y estudios en animales o en humanos (estudios *in vivo*). El interés de los primeros reside en que son rápidos, menos costosos y permiten mayor control sobre las variables experimentales; los más usados son los que se basan en técnicas de digestión simulada, cuyo objetivo es estimar el porcentaje de nutriente que es transformado en el intestino a una forma absorbible; la limitación más importante de estos métodos es que no pueden simular estados fisiológicos o algunas propiedades físico-químicas y respuestas adaptativas que influyen en la biodisponibilidad del hierro; aunque cabe hacer mención que últimamente se han desarrollado métodos que tratan de corregir estas limitaciones y acercarse lo más posible a las condiciones de absorción del intestino delgado.

Uno de estos métodos propuesto por Miller, *et. al.* (1,981), utiliza pepsina y ajuste de pH 2 en una digestión previa, seguido de agregar pancreatina y sales biliares y un ajuste de pH. El hierro biodisponible es medido por medio de método colorimétrico, tomándose lectura a 533 nm.

Otros métodos para realizar evaluaciones *in vivo*, se mencionados por (Quintero, 2,006) a continuación:

- El balance químico, que mide la ingestión y excreción del mineral por un periodo determinado de tiempo.
- Medida del grado de repleción de parámetros biológico, que se usa para medir biodisponibilidad de hierro y consiste en administrar diferentes fuentes alimenticias de hierro que se comparan con sales de referencia de alta absorción y los resultados se expresan como valor biológico relativo.
- Medición en plasma de un nutriente, que se hace después de la ingestión de una cantidad suficiente para obtener curvas de tolerancia en el fluido sanguíneo.
- El marcaje con isótopos, ya sean radioactivos (extrínsecos o intrínsecos) o estables. Se trata de una de las técnicas más utilizadas y consiste en medir las fracciones absorbida y excretada del mineral y es posible controlar la excreción

fecal endógena y estudiar el metabolismo del metal. Tiene también inconvenientes como la variabilidad interindividual e ínter especie.

También se han desarrollado algoritmos para predecir los efectos que tienen influencia en la absorción del hierro hémico y no hémico, cuya ventaja es que no son invasivos ni costoso, aunque requieren más evaluaciones. Aunque los estudios de absorción en humanos, continúan siendo el estándar de oro para estimar la biodisponibilidad del hierro y los ensayos con animales son cada vez más controvertidos, éstos últimos continúan siendo más prácticos para predecir la biodisponibilidad de nutrientes (Quintero, 2006).

En Guatemala, los estudios de fortificación de harinas con hierro, tanto de harina de trigo, como de maíz, realizados por Bressani, R. y De León, L. han utilizado el método de Repleción, para evaluar la bio-disponibilidad del Hierro, utilizando ratas como unidades experimentales.

VI. METODOLOGIA.

1. Para fortificar harina de malanga- ajonjolí con hierro amino-quelado en tres niveles de hierro: 20; 17 y 14 mg Fe/100 g de harina, para asegurar la ingesta necesaria de hierro, según requerimientos humanos de nutrición.
 - a) Se preparó harina de malanga-ajonjolí en proporción de 75:25; esto es 75% de malanga y 25% de ajonjolí.
 - b) Para elaborar la harina se utilizó malanga deshidratada y se mezcló con ajonjolí entero.
 - c) Para producir la harina se utilizó un molino de martillo.
 - d) La harina se homogenizó utilizando una mezcladora en "V", por un período de veinte minutos.
 - e) Se prepararon lotes de 2 Kg. Y 6 Kg. de harina, los cuales se fortificaron con sulfato de hierro anhidro y Hierro Hierro Bisglicinadodo (aminokelado), en los niveles de 14, 17 y 20 mg de hierro /100g de harina.
 - f) El proceso de fortificación se efectuó preparando una premezcla de 100 g de harina a la cual se agregó la cantidad de sal necesaria para llegar a los niveles indicados y agitó por varios minutos.
 - g) La premezcla se agregó a los 2 Kg. de harina y se mezcló, en una mezcladora en "V" por quince minutos.
 - h) Cada lote preparado se empacó en bolsa de polietileno
 - i) A cada lote preparado se le extrajo muestra por triplicado para análisis de hierro total en laboratorios: CENGICAÑA, ANACAFE y Universidad del Valle de Guatemala.
 - j) La concentración de hierro en las harinas se midió por el método de absorción atómica.



Figura 1: Mezcladora en "V"
Planta piloto INCAP/2007.

2. Para el objetivo dos: Estimar la biodisponibilidad del hierro en la harina fortificada para estimar el aprovechamiento del hierro adicionado.

La biodisponibilidad del hierro se evaluó utilizando dos métodos: Determinación de hierro ionizable y soluble, y eficiencia de regeneración de hemoglobina utilizando ratas experimentales.

- 2.1 El hierro ionizable y soluble se realizó utilizando el método de Estimación de la disponibilidad de hierro en alimentos, propuesto por Miller, *et. al.* (Am. J. Clin. Nutr. 34: 2248-2256, 1981); dicho análisis se realizó en el Laboratorio de Investigaciones de Ciencias y Tecnología de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.

- 2.2 La biodisponibilidad se realizó utilizando el método de Eficiencia de Regeneración de Hemoglobina, utilizando ratas como unidades experimentales, (Método AOAC, 1984) en donde se obtuvo valores de Eficiencia Regenerativa y porcentaje de valor biológico relativo que indicaron: a) Cuánto contribuye el hierro administrado al valor de hemoglobina a la sangre y b) Cuánto del hierro contenido en la harina es biológicamente aprovechado.

- a) El método consistió en utilizar siete bloques de ratas, de las cuales la mitad fueron hembras y mitad fueron machos, con veintidós días de nacidos y con peso promedio entre 48 a 50 g.
- b) La disposición de las ratas fue de parcelas divididas, utilizando seis ratas para cada sal evaluada y harina sin fortificar.
- c) Los animales experimentales se colocaron en jaulas individuales de estructura en acero inoxidable.



Figura 2: Panel de Jaulas para Ratas
Biotério UVG-INCAP/ 2007

- d) Las ratas pasaron por un período de depleción, es decir, una dieta libre de hierro, que consistió en caseína, almidón de maíz, vitaminas y minerales libres de hierro, además se les dio a beber agua libre de hierro. La dieta proporcionada tenía la finalidad de agotar sus reservas de hierro, alcanzando una concentración en promedio entre 9 a 10 mg Fe/dL.
- e) Seguidamente se les alimentó con harina fortificada de malanga-ajonjolí, en sus tres niveles, y un grupo con harina sin fortificar, a esta etapa se le conoce como etapa de repleción.

Las dietas fueron:

Dieta 1: Sulfato de hierro anhidro: Nivel 14 mg Fe/100 g de harina

Dieta 2: Sulfato De hierro anhidro: Nivel 17 mg Fe/100 g de harina.

Dieta 3: Sulfato De hierro anhidro: Nivel 20 mg Fe/100 g de harina.

Dieta 4: Hierro Hierro Bisglicinadodo: Nivel 14 mg Fe/100 g de harina

Dieta 5: Hierro Hierro Bisglicinadodo: Nivel 17 mg Fe/100 g de harina.

Dieta 6: Hierro Hierro Bisglicinadodo: Nivel 20 mg Fe/100 g de harina.

- f) La medición de hemoglobina se obtuvo utilizando el método de Metacianoglobina, en laboratorio clínico de referencia.
- g) La muestra se sangre del animal se obtuvo haciendo un corte en la cola, recogándose a partir de la segunda gota de sangre.



Figura 3: Toma de muestra de sangre para determinación de Hb.
Bioterio INCAP – UVG – diciembre 2,007.

- h) La medición de hemoglobina al igual que el peso, se hizo periódicamente, cada ocho días, tomando una muestra al azar de diez ratas, cinco hembras y cinco machos desde el inicio del ensayo hasta la sexta semana, hasta agotar su reserva de hemoglobina.
- i) A partir de la séptima semana se muestrearon a todas las ratas, para conocer el nivel de hemoglobina de todos los animales al inicio de la etapa de repleción.
- j) Después de doce días, se culminó la etapa de repleción, midiendo el nivel de hemoglobina de todos los animales nuevamente para obtención de los resultados.
- k) El valor biológico relativo, se obtendrá de la ecuación:

$$\frac{\% \text{ hemoglobina regenerado hierro amino Hierro Bisglicinado}}{\% \text{ hemoglobina regenerado hierro sulfato de hierro anhidro}} \times 100$$

- l) Esta etapa de la Investigación se realizó en el Bioterio de la Universidad del Valle de Guatemala, bajo la asesoría de: Ph.D. Ricardo Bressani, Director del centro de estudios en ciencia y tecnología de alimentos del Instituto de la mencionada Universidad. La amplia experiencia sobre este tipo de estudios del Ph.D. Bressani, es reconocida a nivel Nacional e Internacional.
3. Para el objetivo tres: Evaluar si existe algún efecto negativo en el sabor de la harina fortificada que pueda influenciar la decisión de fortificar la harina de malanga-ajonjolí.
- a) Se elaboró atol utilizando la harina malanga-ajonjolí fortificada en sus diferentes niveles y sin fortificar.
 - b) El efecto en el sabor se evaluó por medio de paneles de evaluación sensorial utilizando doce panelistas capacitados para pruebas sensoriales.
 - c) La evaluación sensorial se hizo por medio de una prueba triangular, en la cual se colocaron tres muestras de las cuales dos eran iguales y se le pidió al evaluador que identificara la diferente.
 - d) Se analizaron los aciertos y desaciertos por medio de prueba de χ^2 con una confiabilidad del 0.05%
 - e) El estudio se completa con una prueba de aceptabilidad, la cual se realizó a través de un test de calificación hedónica, donde el evaluador calificó según su preferencia:
 - Gusta mucho.
 - Gusta moderadamente.
 - No gusta ni disgusta.
 - Disgusta un poco.
 - No gusta.

Las pruebas de evaluación sensorial, se realizaron en el laboratorio de evaluación sensorial con que cuenta el Centro Universitario de Suroccidente –CUNSUROC–.



Figura 4: Laboratorio de Evaluación Sensorial CUNSUROC

4. Para estimar los costos de fortificación de la harina malanga-ajonjolí, para referencia en procesos futuros de industrialización, se realizó lo siguiente:
 - a) Se llevó un registro de costo de producto químico utilizado para fortificar.
 - b) Se midió el tiempo requerido de operación.
 - c) Se determinó el costo de energía eléctrica.
 - d) Se estimó el costo del equipo utilizado para fortificar.

VII. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

1. Fortificación de la harina de malanga- ajonjolí con hierro amino-quelado en tres niveles de hierro: 20, 17 y 14 mg Fe/100 g de harina, para asegurar la ingesta necesaria de hierro, según requerimientos humanos de nutrición.

Al finalizar el proceso de fortificación, en los niveles de 14, 17 y 20 mg Fe / 100 g de harina, utilizando las sales de Sulfato Ferroso anhidro y Hierro Bisglicinado no se observó diferencia a simple vista tanto entre las sales utilizadas como entre los diferentes niveles de fortificación, tal como se muestra en las figuras 5.



Figura 5: Harina de malanga- ajonjolí sin fortificar y fortificada con hierro utilizando sulfato ferroso anhidro y hierro bisglicinado en un nivel de 14 mg de Fe / 100 g de harina.

El análisis de hierro total para las harinas fue el siguiente:

Cuadro 1:

Hierro total en la harina de malanga-ajonjolí fortificada y sin fortificar.

Sal y Nivel estimado: mg Fe /100 g de harina	Mg Fe / 100 g de Harina
Harina sin fortificar	5.94
Sulfato ferroso: 14 mg Fe	20.31
Sulfato Ferroso: 17 mg Fe	24.89
Sulfato ferroso: 20 mg Fe	24.22
Hierro Bisglicinado: 14 mg Fe	21.24
Hierro Bisglicinado: 17 mg Fe	23.64
Hierro Bisglicinado: 20 mg Fe	24.37

Fuente: Laboratorio UVG/ Noviembre-2007

Como se muestra en el Cuadro 1, el hierro total de la harina de malanga-ajonjolí es de 5.94 mg Fe/100 g de harina, la cual hasta este momento se desconocía su biodisponibilidad.

Puede observarse que la cantidad de hierro total en las harinas fortificadas oscilan de 20.31 a 24.89 mg de Fe/ 100 g de harina; al sustraer la cantidad de hierro que posee la harina per se, la cantidad de hierro por proceso de fortificación se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2:

Cantidad de hierro total por proceso de fortificación.

Sal de Hierro / Nivel de fortificación esperado	Sulfato Ferroso mg Fe/ 100 g de harina	Hierro Bisglicinado Mg Fe / 100 g de harina
14 mg Fe/ 100 g de harina	14.37	15.30
17 mg Fe/ 100 g de harina	18.95	17.70
20 mg Fe / 100 g de harina	18.28	18.43

Fuente: Laboratorio UVG/ Noviembre -2007.

Como puede observarse en el Cuadro 2, los valores teóricos calculados con respecto a los valores encontrados por análisis de laboratorio, no coinciden, especialmente en lo que respecta a Sulfato Ferroso, en donde se observa mayor cantidad de hierro en el nivel de 17 mg Fe que en el nivel de 20 mg Fe.

Los valores de desviación de los resultados, entre las repeticiones oscilaron entre 0.27 a 1.64 lo que hace suponer que existen problemas de disgregación de masas entre las sales utilizadas para fortificar y la harina en cuestión, aglutinándose mayor cantidad de hierro en algunas partes y quedando menor cantidad en otra, esto podría deberse a que la harina por su cantidad de grasa, que va en el orden del 14 % (Loarca, E. 2005), la hace aglutinarse y no permite la perfecta distribución de la sal de hierro agregada en la harina.

Las desviaciones de los datos, fueron menor en las harinas fortificadas con Hierro bisglicinado, debido a que la cantidad de hierro en el compuesto bisglicinado es menor que en el sulfato ferroso, lo que provoca que la cantidad de masa pesada para fortificar la harina sea mayor, esto de alguna manera ayuda a mejorar la distribución de la sal en la harina de malanga-ajonjolí.

También debe de mencionarse que las cantidades de hierro agregadas al lote (2 Kg.) son muy pequeñas, lo que puede causar problemas de distribución en la mezcla, siendo que ambas son sólidas, es difícil la completa distribución de las mismas.

Sin embargo, los niveles que se muestran son lo suficientemente cercanos a los estimados, y a diferencia del nivel de 20 mg Fe/100 g de harina, en donde se obtiene un nivel inferior (alrededor de los 18 mg Fe/100 g de harina), los niveles son alcanzados satisfactoriamente.

2. biodisponibilidad del hierro en la harina fortificada para estimar el aprovechamiento del hierro adicionado.

2.1 Hierro soluble e ionizable.

Los resultados del hierro soluble e ionizable, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro3:

Hierro en solución y hierro Ionizable en las harinas de malanga-ajonjolí fortificadas o no con hierro.

Harina / Sal y nivel de fortificación mg Fe/ 100 g de harina	Hierro en solución mg Fe/ 100 g de harina	Hierro Ionizable mg Fe/ 100 g de harina
Harina sin fortificar	2.81	4.91
Sulfato Ferroso 14	6.05	12.13
Sulfato Ferroso 17	8.32	13.10
Sulfato Ferroso 20	8.50	14.78
Hierro Bisglicinado 14	5.67	10.44
Hierro Bisglicinado 17	6.13	12.70
Hierro Bisglicinado 20	6.71	13.26

Fuente: Laboratorio de Investigaciones UVG – Noviembre 2007.

Como se puede observar en el Cuadro 3, tanto la cantidad de hierro soluble e ionizable en la harina es proporcional a los niveles calculados de fortificación.

Según explica Guerra, J. (s.f.), el hierro ionizable crea disfunción generalizada, produciendo daño hepático por peroxidación lipídica en las células, por lo que se recomienda que sea mayor el contenido de hierro soluble, por lo que al hacer las comparaciones entre las harinas fortificadas en diferentes niveles, se obtiene:

Cuadro 4:

Porcentaje de hierro soluble en la harina de malanga ajonjolí fortificada con hierro.

Nivel de Fortificación / 100 g de harina	Sulfato Ferroso % hierro en solución	Hierro Bisglicinado % hierro en solución
14 mg Fe	43.21	40.50
17 mg Fe	48.94	36.05
20 mg Fe	42.50	33.55

Del Cuadro anterior se observa que existe mayor solución de hierro en el Sulfato Ferroso con respecto a Hierro Bisglicinado, aunque esto llama la atención, se esperaba que el hierro bisglicinado tuviera mayor solubilidad que el hierro proveniente del sulfato ferroso, pero también se hace notar que al aumentar el nivel de hierro, el porcentaje de hierro en solución disminuye.

2.2 Resultados por regeneración de hemoglobina.

La discusión de resultados se divide en cinco etapas que se describen a continuación:

- En la etapa de depleción las ratas iniciaron con una concentración de hemoglobina en promedio de 14.95 g/dL
- Después de siete semanas de depleción se logró disminuir la concentración de hemoglobina en promedio de 9.89 g Hb/dL.

Las ratas en las últimas tres semanas se mantuvieron en ese rango, por lo que se dedujo que ya no disminuiría más su hemoglobina y se decidió iniciar la etapa de repleción.

- Los valores de hemoglobina alcanzados durante el experimento etapa de repleción fueron los siguientes:

Cuadro 5:

Concentración de Hb en Ratas en fase de Repleción, usando Harina de malanga-ajonjolí fortificada con Hierro.

Grupo / Nivel de fortificación de Fe /100 g de harina	Sulfato Ferroso Hb inicial mg /dL	Sulfato Ferroso Hb Final mg/dL	Hierro aminokelado Hb inicial mg /dL	Hierro aminokelado Hb final mg / dL
14 mg	8.87	15.97	9.80	16.87
17 mg	10.17	16.60	10.28	16.80
20 mg	10.42	17.33	9.55	17.13

Fuente: Elaborado por los autores, 2007.

En el Cuadro 5 muestra claramente el aumento de la concentración de hemoglobina, al final de los doce días de repleción, de manera que el aumento de hemoglobina al finalizar la etapa de repleción se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6:

Aumento de concentración de hemoglobina en ratas al finalizar etapa de repleción.

Grupo/ Nivel de Fortificación de Fe / 100 g de haina	Sulfato Ferroso Hb mg/dL	Hierro aminokelado Hb mg/dL
0 mg	5.45	5.45
14 mg	7.1	7.07
17 mg	6.43	6.52
20 mg	6.92	7.58

Fuente: Elaborado por los autores, 2007.

En la Figura 6, se visualiza el comportamiento del aumento de hemoglobina por regeneración, comparando las sales utilizadas para fortificar la harina.

Gráfica 1: Aumento de Hb en hemoglobina de ratas.

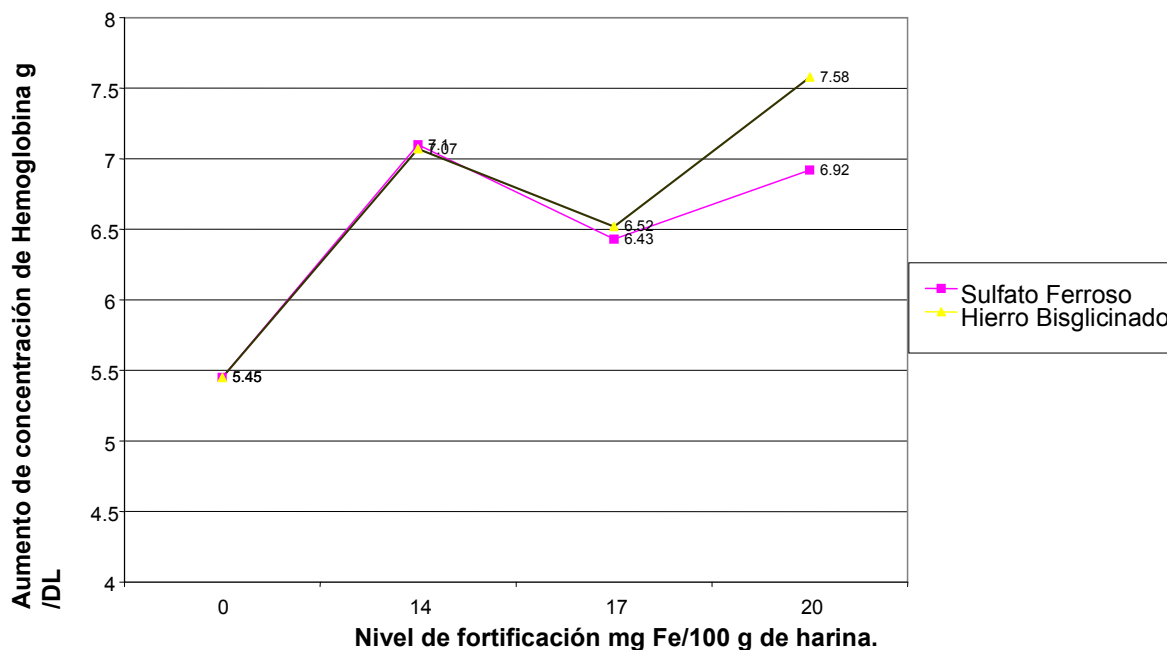


Figura 6: Gráfica 1, sobre el aumento de Hb en hemoglobina de ratas.

Fuente: Elaborado por los autores, 2007.

Como puede observarse en la Figura 6, hay un notable aumento en la concentración de hemoglobina en la harina fortificada, aunque se esperaría un aumento lineal, éste no se comportó así, existe un aumento mayor en los niveles de 14 y 20 mg de hierro suplementario, que en el nivel de 17 mg de hierro suplementario, es probable que se deba a la cantidad de alimento que consumieron las ratas lo cual se discute más adelante.

Aunque si se compara con los resultados obtenidos en el Cuadro 4, es notable que la cantidad de hierro en solución utilizando el nivel de 17 mg Fe / 100 g de harina es mayor, esto quiere decir que a este nivel el hierro es menos biodisponible y que el hierro en solución entre mayor sea, menor será aprovechado.

d) Valor biológico relativo para el hierro bisglicinado.

El valor biológico relativo para el hierro bisglicinado es:

Cuadro 7:
Valor biológico relativo para Hierro Bisglicinado.

Nivel de Fortificación/ 100 g de harina:	%
14 mg Fe	99.58
17 mg Fe	101.40
20 mg Fe	109.54

Fuente: Elaborado por los autores, 2007.

Del Cuadro 7, se observa que a medida que aumenta la concentración de hierro, el valor biológico del hierro bisglicinado también aumenta, esto indica que a mayor concentración de hierro, mayor será la absorción del mismo, tal como lo muestra el estudio.

e) Cantidad de hierro aprovechada.

La cantidad de hierro aprovechada se calculó en función del aumento de hemoglobina en función de la cantidad de alimento consumido.

Cuadro 8:
Aumento de Hb en función de consumo de hierro:

Sal y nivel de fortificación/ variables	Sulfato Ferroso 14	Bisglicina 14	Sulfato 17	Bisglicina 17	Sulfato 20	Bisglicina2 0
mg Fe consumido	30.70	29.60	37.00	35.20	43.67	41.25
Aumento Hb g/dL	7.1	7.07	6.43	6.52	6.92	7.58

Fuente: Elaborado por los autores, 2007.

Como se observa en el Cuadro 8, el aumento de hemoglobina no es proporcional al consumo de hierro, observándose un mejor aprovechamiento de hierro en el nivel de fortificación de 14 mg Fe / 100 g de harina.

Del Cuadro 8, se concluye que el nivel de fortificación recomendado para la harina de malanga-ajonjolí, es el de 14 mg Fe/100 g de Harina, esto basado en que la recuperación de hemoglobina es casi la misma utilizando un nivel de 14 mg Fe / 100 g harina o utilizando el nivel de 20 mg Fe / 100 g de harina, ambas alrededor de 7 g/dL, sin embargo la cantidad de alimento consumida es menor en el nivel de 14 mg Fe, esto es mayor recuperación con menos cantidad de alimento.

3. Evaluación si existe algún efecto negativo en el sabor de la harina fortificada que pueda influenciar la decisión de fortificar la harina de malanga-ajonjolí.

Se elaboró atol con harina de malanga –ajonjolí con harina fortificada y sin fortificar, en la cual se observa claramente la diferencia en cuanto el color, como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Atol de harina de malanga –ajonjolí, sin fortificar (Izq.) y fortificada (Der.)

Al inicio se planteo que se realizaría una prueba triangular para ver si los panelistas diferenciaban los atoles solo por apariencia, pero debido a que fue evidente la diferencia por el color que toma la harina fortificada (color más oscuro), no se realizó las pruebas triangulares. Realizando únicamente para determinar si existía algún efecto en el sabor, dependiendo del nivel de fortificación que se preparó.

a) Los catorce panelistas, evaluaron por medio de pruebas triangulares el efecto del sabor, según sal de hierro utilizada para fortificar: Sulfato de hierro y hierro bisglicinado obteniéndose lo siguientes resultados:

Cuadro 9:

Resultados de pruebas sensoriales, test triangular:
Efecto de sal utilizada para fortificar.

Nivel de fortificación: mg Fe /100 g de harina.	Aciertos	Fallas	Total	Diferencia Significativa 95 % confiabilidad.
14	4	8	12	n.s.
17	2	10	12	n.s.
20	3	9	12	n.s.

Como indica el Cuadro 9, no se encontró diferencia significativa entre las sales utilizadas para fortificar en los diferentes niveles.

- b) Las pruebas triangulares efectuadas para evaluar el efecto del sabor según nivel de fortificación, mostraron los siguientes resultados:

Cuadro 10:
Resultados de pruebas sensoriales, Test triangular:
Efecto del nivel de fortificación.

Sal utilizada para fortificar Niveles expresados en mg Fe /100 g de harina	Aciertos	Fallas	Total	Diferencia Significativa 95 % confiabilidad.
Sulfato Ferroso nivel 14 y 17	2	10	12	n.s.
Sulfato Ferroso nivel 14 y 20	9	3	12	Si existe.
Sulfato Ferroso nivel 17 y 20	8	4	12	n.s.
Hierro Bisglicinado nivel 14 y 17	1	11	12	n.s.
Hierro Bisglicinado Nivel 14 y 20	3	9	12	n.s.
Hierro Bisglicinado Nivel 17 y 20	0	12	12	n.s.

Como se muestra en el Cuadro anterior, si existe efecto en el sabor de la harina entre los niveles 14 y 20 mg de Fe/100 g de harina utilizando sulfato de hierro, no así para la sal de hierro bisglicinado, en donde no se detectó efecto en el sabor por nivel de fortificación utilizado.

El cuadro anterior indica que efecto del sabor en la harina de malanga ajonjolí es menor utilizando hierro bisglicinado que sulfato de hierro.

Además, si se toma los resultados obtenidos en biodisponibilidad de hierro, el nivel de fortificación adecuado es el de 14 mg de Fe/ 100.

- c) El test de aceptabilidad del atol fortificado indicó que la bebida fue calificada de gusta moderadamente a gusta mucho, lo que indica que el efecto del sabor por fortificación en la harina de malanga ajonjolí, no es negativo para la harina de malanga ajonjolí, por lo que puede presentarse al mercado como un producto nuevo que además de tener un agradable sabor, presenta cualidades nutritivas que coadyuvan a disminuir el problema de desnutrición por falta de hierro.
4. Estimación de los costos de fortificación de la harina malanga-ajonjolí, para referencia en procesos futuros de industrialización.

El análisis de costos consistió, en evaluar los gastos adicionales que provocaría el proceso de fortificación utilizando hierro bisglicinado, siendo que éste es recomendado por su absorción y no tiene efectos secundarios como el sulfato ferroso.

Los costos adicionales están en función de:

Equipo: Mezcladora tipo “V” Capacidad 60 Kg. Q 80,000.00

Costos de operación:

Tiempo de operación: 40 minutos:

- Carga	10 min.	
- Descarga	10 min.	Q.
- Tiempo mezclado	20 min.	2.50

Costo Energético

1.25

TOTAL COSTO DE OPERACIÓN

3.75

El costo de los productos químicos para la fortificación, se describen en el Cuadro 11.

Cuadro 11:

Costo de producto químico para fortificación.

Nivel de Fortificación / 100 g	Costo Q. / Kg
14 mg Fe	0.121
17 mg Fe	0.147
20 mg Fe	0.172

El incremento por aumento de nivel de fortificación es alrededor de Q. 0.03, sin embargo siendo que el aumento de hemoglobina en función de la cantidad de alimento consumida es mayor para el nivel de 14 mg Fe/ 100 g de harina. El incremento del costo de producción de la harina de malanga –ajonjolí fortificado con hierro esta dado por el costo de operación de Q. 3.75, el cual es un costo fijo y variable el costo de el Hierro Bisglicinado, el cual es de Q. 0.12 por Kg. Producido.

El costo por depreciación del equipo puede recuperarse al incrementar la producción, siendo que esta mezcladora también puede utilizarse para homogenizar la harina de malanga –ajonjolí, después del proceso de molienda.

El costo fijo puede disminuir si se disminuye el tiempo de operación, el cual fue calculado utilizando un obrero para cargar y descargar la mezcladora y se diluye entre mayor sea la producción.

VIII CONCLUSIONES.

1. El proceso de fortificación de la harina de malanga –ajonjolí se ve afectado por su naturaleza grasa, que tiende a aglutinarse e impide la completa distribución y homogenización de las sales utilizadas para fortificar, provocando una leve discrepancia entre los valores calculados y los valores encontrados por análisis de absorción atómica del hierro total en las harinas fortificadas, obteniéndose valores menores que los calculados.
2. La harina de malanga-ajonjolí, alcanzó valores de fortificación con hierro satisfactorios, siendo que la diferencia entre los valores calculados y los obtenidos son mínimos.

3. La cantidad de hierro ionizable en las harinas fortificadas con hierro bisglicinado es menor que la encontrada en las harinas fortificadas con sulfato ferroso, esto es un indicativo que es mejor fortificar con hierro bisglicinado que con sulfato ferroso, por garantizar menor daño hepático a los consumidores.
4. En la biodisponibilidad de hierro por el método de hierro ionizable, la cantidad de hierro soluble en solución es mayor en las harinas fortificadas con sulfato ferroso con respecto a las harinas fortificadas con hierro bisglicinado, especialmente en el nivel de 17 mg de Fe /100 g e harina.
5. En el ensayo de biodisponibilidad por regeneración de hemoglobina, se encontró mayor biodisponibilidad del hierro bisglicinado con respecto al sulfato ferroso, al reportarse un valor biológico de 99.58, comparable a 100 en el nivel de fortificación de 14 mg Fe y de 101.40 y 109.54, para los niveles de 17 y 20 mg de Fe, respectivamente, ambos mayor de 100.
6. La recuperación de hemoglobina por cantidad de alimento consumida es mayor en el nivel de fortificación de 14 mg de Fe /100 g de harina, obteniéndose un aumento de hemoglobina de siete comparable con la del nivel de 20 mg Fe, consumiendo un 25 % de alimento menos que el consumido en el nivel de 20 mg de Fe, por lo que se deduce que la cantidad de hierro en el nivel de 14 mg Fe, es más aprovechable.
7. No se observó efecto de sabor por sal de hierro utilizada para fortificar la harina de malanga-ajonjolí, siendo que no se encontró diferencia significativa al 5% de error en lo que respecta a sabor entre el sulfato de hierro y el hierro bisglicinado comparándolos al mismo nivel de fortificación.
8. El efecto del sabor por proceso de fortificación es menor utilizando hierro bisglicinado que sulfato de hierro, tal como se evidenció en las pruebas de evaluación sensorial en donde se encontró que fue sensible únicamente entre las comparaciones entre el nivel de 14 mg Fe y 20 mg de Hierro utilizando sulfato de hierro; no así para el hierro bisglicinado en donde no mostró diferencia significativa sensible por los panelistas.
9. El nivel de fortificación recomendado para la harina de malanga-ajonjolí es de 14 mg Fe / 100 g de harina siendo que es el que tiene mayor y mejor biodisponibilidad biológica y no es sensible al paladar como lo indicaron las pruebas de evaluación sensorial.
10. La prueba de aceptabilidad indicó que el atol elaborado a base de harina de malanga ajonjolí fortificado con hierro no tiene efecto negativo sobre el sabor, calificándolo de gusta moderadamente a gusta mucho por los panelistas evaluadores, por lo que la harina de malanga-ajonjolí, puede recomendarse al mercado como un producto nuevo de cualidades altamente nutritivas y agradable sabor.
11. El incremento del costo de fortificar la harina de malanga-ajonjolí esta dado por un costo fijo que depende de los gastos de operación y un variable que depende de la cantidad de harina producida; el costo fijo puede diluirse al aumentar la producción,

o bien disminuir si se logra reducir el tiempo de carga y descarga en la máquina mezcladora.

12. El costo fijo para el proceso efectuado en la investigación fue de: Q3.75 / Kg. y el variable de Q. 0.12/ Kg.

IX. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar un aditivo antihumectante en la harina de malanga-ajonjolí para observar si evita aglutinamiento y mejora la distribución de sales de hierro usadas para fortificar.
2. Realizar un estudio que determine el por qué la biodisponibilidad del hierro en el nivel de 17 mg Fe /100 g de harina es menor que la del nivel de 14 mg Fe /100 g de harina.
3. Hacer fortificación de la harina de malanga – ajonjolí con otras sales de hierro como fumarato ferroso o bien EDTA – férrico para observar si mejora la distribución de las sales en la harina de malanga ajonjolí y su comportamiento de biodisponibilidad utilizando la harina de malanga-ajonjolí como vehículo.
4. Hacer un ensayo de biodisponibilidad de hierro con niveles de fortificación menores de 14 mg Fe / 100 g de harina para observar si la recuperación de hemoglobina por cantidad de alimento consumida se mantiene, aumenta o disminuye.
5. Realizar un estudio en donde se determine el efecto del tiempo y condiciones de almacenamiento en la harina de malanga-ajonjolí fortificada con hierro.
6. Elaborar otros productos diferentes de atol y evaluar su aceptabilidad para lanzar al mercado productos terminados tales como galletas o panqueques y ampliar el mercado de consumidores de malanga-ajonjolí.
7. Hacer un estudio de factibilidad de la producción de harina de malanga-ajonjolí fortificada con hierro, para recomendarlo a la industria tomando en cuenta que al aumentar la demanda de malanga y ajonjolí, es probable que la producción aumente y así disminuya el precio de la materia prima, esto beneficiaría en la baja del costo de producción e incentiva a la industria productora de harinas con alto valor nutritivo.

X. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

1. Alvarado, M. 2004. Evaluación técnica y económica de la fortificación de harina de trigo con diferentes compuestos de hierro. Guatemala, revista científica IIDESO vol 1. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Suroccidente. 11-12 p.
2. Álvarez – Vidal, L. 2005. Enriquecimiento masivo de minerales y vitaminas en los alimentos. Informes técnicos. EPSI. UAB. WWW. Seguretatintegral. Org.

3. Association of official analytical chemistry. 1984. Official methods and analysis of the AOAC. 14 th ed. USA, the association.
4. Bressani, R. 2005. Estabilidad en almacenamiento y procesamiento de vitamina C y biodisponibilidad del hierro suplementario a la harina nixtamalizada de maíz. Guatemala. Revista de la Universidad del valle de Guatemala Revista No. 14. 16 – 30 p.
5. Bressani, R. *et. al.* 2000. Estabilidad química y organoléptica y biodisponibilidad del hierro suplementario en harinas nixtamalizadas de maíz durante su almacenamiento. Informe final de investigación 1998.68 Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala – CONCYT. Guatemala. 40 p.
6. Cruz, J. de la. 1982. Clasificación en zonas de vida a nivel de reconocimiento, basado en el sistema Holdridge. Guatemala, MAGA. 42 p.
7. De León, L. *et. al.* 2003. Desarrollo tecnológico y evaluación de la fortificación con hierro de la masa de maíz nixtamalizada mejorada o no con soya. Guatemala. CONCYT-INCAP/OPS.
8. De León, L. 2001. Experiencia en la industria de alimentos en la fortificación con hierro. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
9. Desrosier, N. W. 1994. Elementos de tecnología de alimentos. México. CECSA. 783 p.
10. Guamuch M. 2003. Programas de salud pública de fortificación de alimentos en Centroamérica. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y panamá. Nota técnica 032. 2 p.
11. Guerra, J. M. s.f. Efecto del hierro ionizable en las células hepáticas. Disponible en la página electrónica www.vida7cl / On line. Consultado en fecha 20 de diciembre de 2,007.
12. INCAP. 2006. Disponible en la página electrónica www.incap.org Consultado en fecha mayo-2006.
13. Loarca, E. 2,005. Elaboración de mezcla malanga-ajonjolí para producción de alimentos listos para servir. Informe final de investigación CUNSUROCDIGI. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur Occidente. 33 p.
14. Miller, D. *et. al.* 1981. An in Vitro method for estimation of iron availability from meals. USA. The American journal of clinical nutrition 34: October. p 2248-2256.
15. Quintero, G. *et. al.* 2006. Deficiencias de hierro. México. Centro de estudios probióticos. Instituto politécnico nacional. www.consumaseguridad. Com.

16. Witting de Penna, E. 1997. Evaluación sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. Chile, Universidad católica de Chile. 134 p.