

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**“FORTIFICACION CON HIERRO ELECTROLITICO DE UN
ALIMENTO DESHIDRATADO DE FRIJOL PREDIGERIDO”**

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos
como requisito parcial para optar por el grado de
Licenciatura en Tecnología de Alimentos

IBRAHIM SANCHEZ VARGAS

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

**SAN JOSE, COSTA RICA
1996**

**Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos
como requisito parcial para optar por el grado de
Licenciatura en Tecnología de Alimentos**

IBRAHIM SANCHEZ VARGAS

Aprobado por:

Ana Ruth Bonilla L

**Ana Ruth Bonilla Leiva, Ph. D.
Directora del Proyecto**

Mónica Lois Martínez

**Mónica Lois Martínez, M. Sc.
Profesora Asesora**

Sandra Calderón Villaplana

**Lic. Sandra Calderón Villaplana
Profesora Asesora**

Adriana Blanco Metzler

**Adriana Blanco Metzler, M. Sc.
Miembro Invitado**

Ruth De la Asunción Romero

**Lic. Ruth De la Asunción Romero
Presidenta del Tribunal**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
1996**

A Dios

A Papi y Mami

A mis Hermanos

"Por su amor y apoyo incondicional"

AGRADECIMIENTO

- * A la Dra. Ana Ruth Bonilla, por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de graduación, por todo el apoyo, paciencia, amistad y confianza brindada durante toda la investigación.
- * A la M. Sc. Mónica Lois, por el constante apoyo y su grandiosa amistad.
- * A la Lic. Sandra Calderón, por su aporte en la realización de los análisis sensoriales.
- * Al Lic. Erick Wong, por su invaluable ayuda y su amistad incondicional.
- * A la Lic. Ma. Isabel González, por su aporte en el análisis estadístico.
- * A todo el personal del CITA en especial a: Celina, Marielos, Gerardo, Martín, Rubén, Juan Carlos, Nidia y Oscar.
- * Al personal de los CEN-CINAI de Guadalupe, Calle Blancos, Santa Cecilia y los Cuadros, y el Centro Infantil Laboratorio de la Universidad de Costa Rica (CIL).
- * A mis compañeros de proyecto, Luciana Jiménez y Percy Lizano.
- * A mis compañeros de carrera y en especial a Elita Vargas, Ivita Sánchez, Mesié Wong, Prilita García, Mariquita Montoya, Natis Howell, Paulita García, Matico Haug, Güirrito Baldioceda y Mesié Lizano. Sin ustedes no hubiera alcanzado el final.
- * A My black por su paciencia, amor y ayuda incondicional.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación forma parte del programa “The Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program” (CRSP) financiado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID). Grant N° DAN-1310. G-SS-6008-00.

RESUMEN

Se formuló y fortificó con hierro electrolítico un alimento, predigerido y deshidratado, de frijol *Phaseolus vulgaris* de la variedad Talamanca, con el cual se puede cubrir el 50% del requerimiento diario de hierro en niños menores de 3 años.

El estudio contempló cuatro etapas, la primera de ellas la adaptación de un método para cuantificar el hierro soluble *in vitro*. Una vez implementadas las modificaciones, se procedió a determinar el efecto de la zona de cultivo, la predigestión y el lote de producción sobre el contenido de hierro soluble original. Luego se fortificó con hierro electrolítico una formulación preliminar del alimento para encontrar un modelo matemático con el cual estimar la cantidad de hierro a adicionar. Por último, se evaluó y mejoró sensorialmente dicha formulación mediante pruebas de diferencia y agrado.

Se determinó que el número de réplicas en el análisis de Fe soluble *in vitro* para obtener resultados confiables y reproducibles fue de 3, con una desviación estandar de 0,17 ppm.

Se determinó que la zona de cultivo del frijol, el lote de producción y la predigestión tuvieron efecto significativo sobre el contenido de hierro total en el alimento. En el caso del hierro soluble solo el lote de producción tuvo efecto significativo.

Del análisis químico, del contenido original del hierro y la serie de adiciones de este mineral, se obtuvo el siguiente modelo matemático con alta significancia ($p=0,0001$) y buen coeficiente de correlación ($r=0,998$): $75 - \text{hierro soluble original (ppm)} = 0,4 \text{ hierro a adicionar (ppm)} + 2,3$, donde el hierro soluble corresponde al contenido original en el engrudo predigerido, deshidratado y formulado, y el hierro a adicionar corresponde al hierro electrolítico necesario para alcanzar el requerimiento diario de los niños menores de tres años.

Los resultados obtenidos por medio del análisis sensorial, indican que hubo diferencia significativa entre muestras del alimento preparadas con y sin cocimiento posterior a la predigestión enzimática en los parámetros de color y textura, y una calificación de “buena” en cuanto a la calidad general de la muestra con cocimiento. Entre muestras con una formulación preliminar y otra reformulada, los panelistas encontraron diferencia significativa, sin embargo, no se encontró diferencia en la preferencia por alguna de ellas.

La prueba de aceptación aplicada en niños indicó que el alimento reformulado tiene una buena aceptación en el 68% de los casos, obteniendo una calificación promedio de 3,85 puntos en una escala de 1 a 5.

INDICE GENERAL

	<i>Página</i>
DEDICATORIA -----	i
AGRADECIMIENTO -----	iii
RECONOCIMIENTO -----	iv
RESUMEN -----	v
I. INTRODUCCION -----	1
II. OBJETIVOS -----	5
III. MATERIALES Y METODOS -----	6
3.1 Materia prima -----	6
3.2 Métodos de análisis de hierro -----	6
3.2.1 Determinación de hierro total -----	6
3.2.2 Determinación de hierro soluble -----	7
3.3 Preparación de los productos de frijol -----	8
3.3.1 Producto de frijol cocido y deshidratado -----	8
3.3.2 Producto de frijol predigerido y deshidratado -----	9
3.4 Efecto de la zona de cultivo sobre el contenido de hierro total y soluble en diferentes productos deshidratados de frijol -----	11
3.5 Efecto de la predigestión sobre el contenido de hierro total y soluble en el producto deshidratado de frijol -----	11
3.6 Cantidad de mezcla hierro electrolítico-ácido ascórbico que se debe adicionar al producto para cubrir el 50% de requerimiento de niños menores de 3 años -----	11
3.7 Proceso de formulación del alimento -----	12
3.7.1 Evaluación sensorial de la formulación preliminar -----	12
3.7.2 Evaluación del efecto del cocimiento adicional sobre las características sensoriales del alimento preliminarmente formulado -----	13
3.7.3 Formulación final -----	14
3.7.4 Aceptación de la formulación final en niños -----	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION -----	16
4.1 Adaptación del método para determinar hierro soluble -----	16
4.2 Efecto de las diferentes zonas de cultivo de frijol sobre la cantidad de hierro total y soluble -----	17

4.3 Efecto de la predigestión en el contenido de hierro total y soluble -----	18
4.4 Cantidad de hierro electrolítico-ácido ascórbico que se debe adicionar al producto formulado -----	20
4.5 Proceso de formulación del alimento-----	22
4.5.1 Evaluación sensorial de la formulación preliminar -----	22
4.5.2 Evaluación del efecto del cocimiento sobre las características sensoriales del alimento formulado -----	24
4.5.3 Formulación final -----	26
V. CONCLUSIONES -----	29
VI. RECOMENDACIONES -----	31
VII. BIBLIOGRAFIA -----	32

INDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
CUADRO 1.	Formulación preliminar del alimento deshidratado de frijol predigerido -- 13
CUADRO 2.	Variación de la desviación estándar máxima en la determinación de hierro insoluble ----- 17
CUADRO 3.	Contenido de hierro total y soluble (en base seca) en productos de frijol deshidratado, según diferentes zonas de cultivo ----- 18
CUADRO 4.	Contenido de hierro total y soluble (en base seca) del producto deshidratado de frijol con y sin predigestión enzimática ----- 19
CUADRO 5.	Contenido de hierro total y soluble (en base seca) en diferentes lótes del producto deshidratado de frijol predigerido ----- 19
CUADRO 6.	Principales críticas sobre las características sensoriales del alimento preliminarmente formulado, mencionadas en la sesión de grupo ----- 23
CUADRO 7.	Aceptación promedio obtenida con los dos tratamientos hechos al producto de frijol predigerido formulado preliminarmente ----- 25
CUADRO 8.	Contenido de la formulación preliminar y reformulación del producto deshidratado de frijol predigerido ----- 26
CUADRO 9.	Preferencia y grado de diferencia sensorial entre las diferentes formulaciones del alimento deshidratado de frijol predigerido ----- 27

INDICE DE FIGURAS

Página

FIGURA 1.	Preparación del producto de frijol predigerido y deshidratado -----	10
FIGURA 2.	Escala hedónica estructurada empleada en la evaluación sensorial con los niños -----	15
FIGURA 3.	Solubilidad del hierro electrolítico adicionado a un producto deshidratado de frijol predigerido -----	21
FIGURA 4.	Grado de aceptación del alimento deshidratado de frijol predigerido, reformulado y fortificado, por parte del grupo de niños evaluados -----	28

I. INTRODUCCION

En 1980 América Latina presentaba una prevalencia promedio de anemia del 26% en niños de 0 a 4 años y una deficiencia de hierro del 52% en el mismo grupo (Scrimshaw, 1993). En 1982 la población costarricense menor de 6 años, que padecía algún grado de desnutrición era del 24,6%; sin embargo los casos de deficiencia de hemoglobina llegaron a un 29,6% en 1990, afectando principalmente al niño preescolar (Conferencia Internacional sobre la Salud, 1991). Muñoz y Ulate (1994), en un estudio realizado entre 1993 y 1994, reportaron deficiencias dietéticas de hierro en el 70% a 80% de la población de niños menores de 3 años, pertenecientes a familias de bajo nivel socioeconómico del área urbana y rural del Valle Central.

Kaufer (1987), plantea como principales causas de la deficiencia de hierro entre los niños de los países en desarrollo, la dieta insuficiente y la parasitosis intestinal. Pero, según Monge y Muñoz (1994), esta última causa no tiene relevancia en Costa Rica, por cuanto se ha venido controlando desde 1966 a tal grado que para 1992 la prevalencia a nivel nacional fue del 11,64% como máximo. Adicionalmente, el Informe de Costa Rica en la Conferencia Internacional de la Salud (1991), califica la ingesta de hierro, por parte de la población preescolar, como “deficiente tanto en cantidad como en calidad”, y “la principal causa de las anemias”. Por lo tanto, y de acuerdo con todos los autores, una manera de prevenir esta enfermedad es la ingesta de una dieta que aporte cantidades suficientes de hierro.

Para Calvo (1987), Kaufer (1987) y Vega (1989), una manera de mejorar la ingesta de hierro con la dieta es la fortificación. Algunos ejemplos de esto son las fortificaciones o enriquecimiento de harinas, cereales, leche y fórmulas infantiles Belitz y Grosh (1989), y Caballero (1987), concuerdan en clasificar como fuente de hierro en los alimentos, a todas las carnes, las cuales presentan una alta biodisponibilidad (hierro hemínico). Por otro lado, señalan alimentos con una baja absorción de hierro a la leche, huevos, cereales, frutas, hortalizas y leguminosas (hierro no-hemínico).

El frijol, aunque con menor aporte del mineral, constituye junto con el arroz, el núcleo de la dieta básica del costarricense, sobre todo en el estrato social con ingreso bajo (Conferencia Internacional sobre la Salud, 1991). El consumo diario promedio de esta leguminosa es de 52,6 g de grano cocido per cápita (Meza y Rodríguez, 1991).

En el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica se ha desarrollado la base de un alimento que consiste en un producto deshidratado de frijol predigerido (Lizano, 1996 y Rodríguez, 1994), a partir de frijol *Phaseolus vulgaris* de la variedad Talamanca, dirigido a niños preescolares. En tal proceso se hidrolizan los almidones (Rodríguez, 1994) favoreciendo la digestibilidad del producto (Pabón, 1986). Además, el frijol presenta un contenido considerable de fibra, carbohidratos, proteína y micronutrientes (Conferencia Internacional sobre la Salud, 1991); sin embargo, los valores podrían cambiar dependiendo de la parcela, zona y condiciones de siembra, por lo que es importante considerarlas. En nuestro país el cultivo del frijol Talamanca se está dando principalmente en la región noratlántica, comprendiendo los cantones de San Carlos, Guatuso, Upala y Los Chiles¹.

FAO/OMS (1971), Vega (1989) y Calvo (1987), afirman que en niños no mayores de 3 años se da una absorción promedio de un 10% del hierro dietario; en alimentos de baja disponibilidad puede reducirse a sólo un 5% (Calvo 1987). Por lo anterior Vega (1989), FAO/OMS (1971) y la compañía ROCHE (1995), recomiendan para ese grupo poblacional una ingesta diaria de 10 a 15 mg/día de manera tal, que haya una absorción óptima de 1,5 mg/día.

La Compañía ROCHE (1995); Clydesdale, *et. al.*, (1985); Hallberg, *et. al.*, (1986) y Stekel, *et. al.*, (1983), señalan que la presencia de ácido ascórbico en la dieta, facilita o favorece la absorción del hierro no-hemínico de los alimentos mediante la formación de un quelato que mantiene su solubilidad aún a pH neutro o alcalino. Clydesdale y Nadeau (1985), en un estudio con hojuelas de cereal

¹ Sr. Carlos Castillo-CNP Barranca. Comunicación personal.

adicionando diferentes proporciones molares de hierro y ácido ascórbico, determinaron una relación óptima de 1:1,25 (1:4 m/m), duplicando prácticamente la solubilidad del primero. Además, para el ácido ascórbico, se recomienda una ingesta diaria de 20 mg para el segmento de niños mencionado (FAO/OMS, 1971).

La fortificación con hierro, es más complicada que la de otros micronutrientes ya que algunas formas son químicamente muy reactivas y con frecuencia producen cambios organolépticos en el alimento (Kaufer, 1987; y Kapanidis y Lee, 1996). Vega (1989), coincide con Kaufer (1987), en afirmar que el hierro elemental, o reducido por electrólisis, ocupa una posición intermedia en cuanto a solubilidad y/o reactividad con respecto a otras formas de hierro, con las ventajas de ser más estable durante el almacenamiento y de costo razonable.

Para desarrollar un alimento fortificado con hierro, es importante contar con un método de análisis para cuantificar la disponibilidad de dicho mineral. Los procedimientos *in vivo* son de alto costo, por lo que se han diseñado algunos análisis *in vitro* como los de Svanberg, *et. al.*, (1993); Clydesdale, *et. al.*, (1985); Miller *et. al.*, (1981) y Narasinga, *et. al.*, (1978). Dichos análisis simulan condiciones fisiológicas tales como digestiones enzimáticas, cambios de pH y temperatura, pero con la salvedad de llamarle hierro “soluble” ó “absorbible *in vitro*”. En el método de Miller *et. al.*, (1981), se simulan las condiciones fisiológicas para luego cuantificar el hierro soluble por espectrofotometría de absorción atómica (Osborne y Boogt, 1986). Sin embargo, dependiendo del producto que se analice, es importante evaluar y adaptar la metodología para obtener resultados confiables.

Hallberg, *et. al.*, (1986), realizaron un estudio en 20 diferentes dietas vegetales con el fin de determinar la relación entre los porcentajes de hierro soluble y el biodisponible o absorbible. El resultado presenta una tendencia lineal en la que el porcentaje de hierro soluble, contenido en cada una de las dietas, casi duplica el porcentaje absorbido por el cuerpo humano. En otras palabras, si se pretende cubrir los requerimientos de una determinada población, mediante la

fortificación de un alimento de origen vegetal en que se cuantifique el hierro por un método *in vitro*, se debería trabajar con un margen de seguridad cercano al 100%.

Luego de un proceso de fortificación es necesario evaluar la aceptación del producto final (Kaufer, 1987), con una metodología adecuada (Pangborn y Pedrero, 1989) en el segmento al cual va dirigido, tomando en cuenta que a edades tempranas juega un papel importante la aceptación de las madres, padres o personas encargadas de su alimentación.

En este trabajo se formuló un alimento, predigerido y deshidratado, de frijol *Phaseolus vulgaris* de la variedad Talamanca y se fortificó con hierro con el fin de cubrir el 50% del requerimiento de absorción diario en niños menores de 3 años de edad.

II. OBJETIVOS

Los objetivos específicos fueron:

1. Adaptar un método para determinar el hierro soluble que se obtiene tras la digestión *in vitro*, en condiciones fisiológicas, de un producto deshidratado de frijol predigerido.
2. Determinar el efecto de diferentes zonas de cultivo de frijol Talamanca sobre la cantidad de hierro total y soluble en productos secos de frijol sin predigerir.
3. Determinar el efecto de la predigestión sobre el contenido de hierro total y soluble en el producto de frijol predigerido y deshidratado.
4. Establecer la cantidad de mezcla hierro electrolítico-ácido ascórbico, que debe agregarse al producto de frijol predigerido, deshidratado y preliminarmente formulado, para lograr la solubilidad *in vitro* equivalente al 50% de la absorción diaria de hierro requerida por niños menores de 3 años.
5. Formular un alimento infantil tomando como base el producto deshidratado de frijol predigerido.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materia prima

- Frijol: Se utilizó frijol *Phaseolus vulgaris* (negro) de la variedad Talamanca cosechado en los cantones de Los Chiles, San Carlos y Upala en la provincia de Alajuela (en total 9 agricultores, 3 por cada cantón) que no tuvieran más de tres meses de almacenamiento.
- Hierro: Electrolítico, polvo fino, Grado A-131 (SMC Metal Products, Inc.).
- Acido ascórbico: USP-FCC (Roche).
- Condimentos: Culantro, orégano y ajo en polvo, sal y azúcar.

3.2 Métodos de análisis de hierro

3.2.1 Determinación de hierro total

El hierro total se determinó según la metodología descrita por Osborne y Voogt (1986), y tomando en cuenta las recomendaciones de Sotera, *et. al.*, (1979), en lo referente a las condiciones del equipo y la preparación de los estándares.

- Se pesó 3 gramos de producto deshidratado en balanza con precisión de 1 mg y se colocó en un crisol.
- Se carbonizó al mechero.
- Se incineró en la mufla por 4 horas.
- Se dejó enfriar en un desecador.
- Se adicionó 5 mL de HCl 6M y se desecó en baño maría.
- Se añadió 15 mL de HCl 3 M y se calentó al mechero hasta ebullición.
- Se dejó enfriar al ambiente y se filtró con papel Whatman #41 en balón aforado de 100 ml.
- Se adicionó 10 mL de HCl 3M al crisol y se calentó en mechero hasta ebullición.

- Se enfrió y se filtró al balón.
- Se lavó el crisol al menos tres veces con agua bidestilada y se filtraron los lavados al balón.
- Se lavó el papel de filtro y se recogieron los lavados.
- Se aforó con agua bidestilada y se preparó el blanco.
- Se inyectó la muestra y se leyó la concentración en un espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu-670 a una longitud de onda de 248,3 nm.
- La curva de calibración se preparó con una solución madre de 51,5 mg Fe/L (Sotera, *et. al.*, 1979) a partir de una solución estándar de 1030 mg Fe/L en HCl 1%. De la solución anterior se tomaron alícuotas de 4, 6, 8, 10, 15 y 17 mL y se llevaron al aforo en balones de 200 mL las cuatro primeras y de 250 mL las últimas, para obtener soluciones patrón de 1,03; 1,54; 2,06; 2,58; 3,09 y 3,50 mg Fe/L.

3.2.2 Determinación de hierro soluble

El hierro soluble se determinó usando el método de Miller, *et. al.*, (1981) con algunas variaciones:

- Se pesó 4 g de muestra en balanza con precisión de 1 mg y se colocó en un erlenmeyer de 250 mL.
- Se añadieron 40 mL de agua bidestilada y 40 mL de solución de pepsina (7197 Merck) al 0,26% en HCl 0,1 M.
- Si el pH fue mayor a 2,0 se añadió gota a gota una solución de HCl 1 M.
- Se incubó la suspensión en un baño con agitación durante 90 minutos a 37 °C.
- Se ajustó el pH a 2,0 añadiendo gota a gota una solución de NaOH 1 M.
- Se añadieron 4 mL de solución de pancreatina (350 FIP-U/g proteasa, 7500 FIP-U/g Lipasa y 7500 FIP -U/g amilasa) (7130 Merck) al 0,4% y sales biliares (Difco) al 2,5% en una solución de bicarbonato de sodio 0,1 M, y se ajustó el pH a 5,0.

- Se incubó la suspensión en un baño con agitación durante 30 minutos a 37 °C.
- Se ajustó el pH a 6,0.
- Se filtró al vacío el diregido enzimático utilizando papel Whatman #41 y lavando tres veces con agua bidestilada.
- Debido a la baja concentración de hierro soluble en el filtrado, se modificó el método y se tomó la parte insoluble para determinar el hierro.
- El residuo se puso en el crisol.
- Se carbonizó al mechero.
- Se incineró en la mufla durante 4 horas y luego se realizó la digestión ácida.
- Se inyectó la muestra en el equipo de absorción atómica y se leyó la concentración de hierro. En el caso de las muestras fortificadas se realizaron diluciones adicionales con el fin de que los valores estuvieran dentro del ámbito de la curva de calibración.
- Se restó, el valor obtenido, al hierro total cuantificado en otra fracción de la misma muestra.

El número mínimo de réplicas por muestra se determinó midiendo hierro insoluble en una muestra por sextuplicado.

3.3 Preparación de los productos de frijol

3.3.1 Producto de frijol cocido y deshidratado

- Se eliminaron impurezas del frijol como piedras, hojas secas, etc.
- Se remojó por 12 horas.
- Se lavó hasta que el agua no fuera turbia.
- Se cocinó a 15 libras de presión por 5 minutos, con una cantidad de agua que apenas cubriera la superficie de los granos.

- Se molió, los frijoles junto con el caldo, en molino de martillos con una malla de 0,066 pulg.
- Se secó en secador de tambores gemelos de 16 cm. de diámetro (5 rev./min y 50 lb de presión).

3.3.2 Producto de frijol predigerido y deshidratado

Se siguieron las pautas definidas por Lizano (1996), con algunas modificaciones (ver Figura 1):

- Se eliminaron impurezas del frijol.
- Se dejó en remojo por 12 horas.
- Se pusieron a germinar, por 48 horas, en pisos de cedazo plástico removible aplicando agua (25-27 °C) por aspersion y en constante recirculación, y renovando ésta a las 24 horas.
- Se lavó hasta que el agua no fuera turbia.
- Se colocó en baño directo de agua a 50 °C por 5 minutos (para preparar uno de los productos deshidratados de frijol formulado y fortificado utilizados en el análisis sensorial).
- Se molió en molino de martillos con una malla de 0,125 pulg.
- Se adicionó producto de frijol cocido (molido con malla de 0,066 pulg.) y agua en una relación de 1:1:1,5, siendo éste último la cantidad en masa de agua.
- Se molió la mezcla con malla de 0,033 pulg.
- Se puso en un baño a 50 °C por 6 horas.
- Una vez transcurridas las 6 horas se elevó la temperatura del baño al punto de ebullición por 5 minutos (para uno de los productos utilizados en el análisis sensorial).
- Se secó en secador de tambores como en el punto 3.3.1.

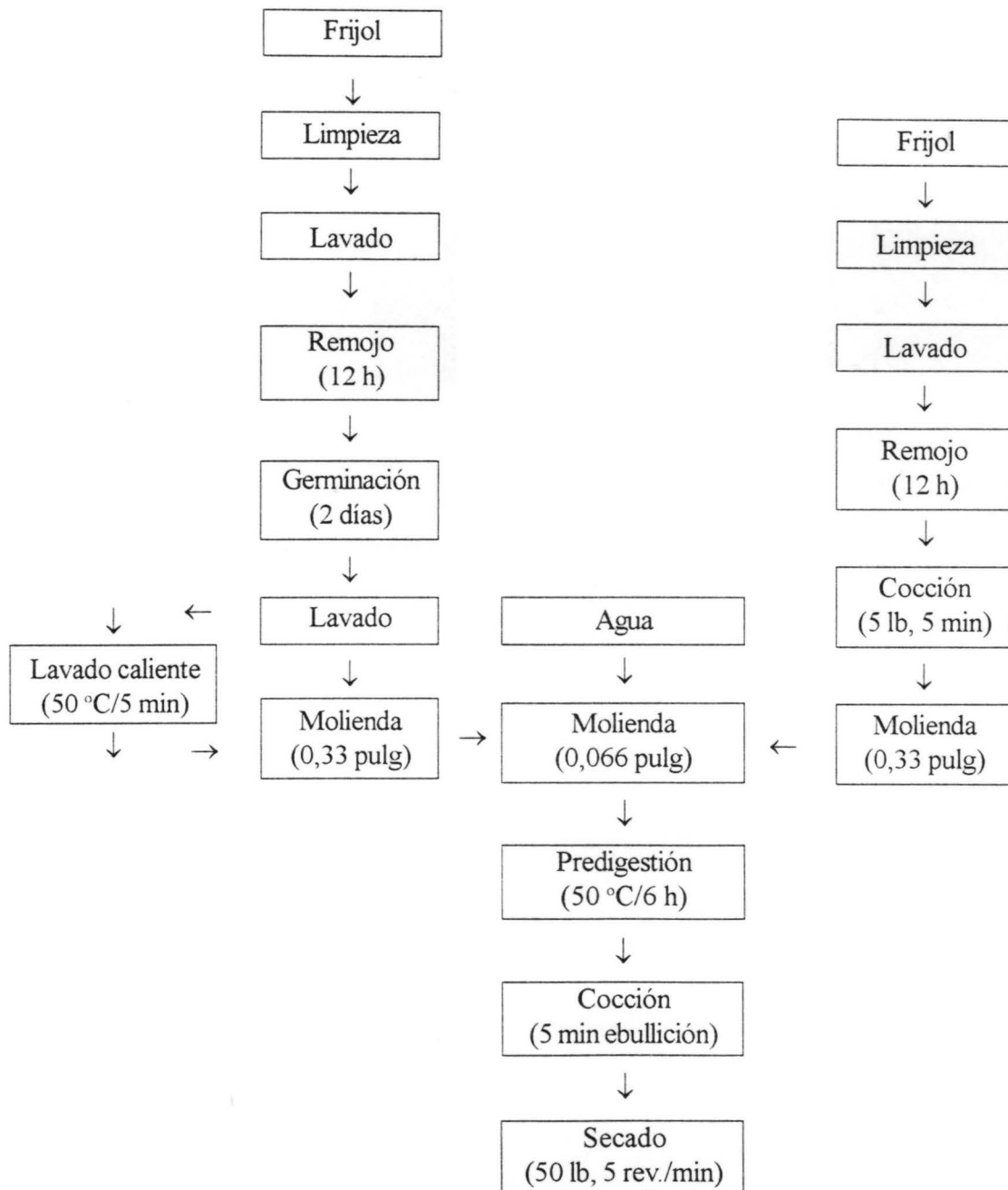


FIGURA 1. Preparación del producto de frijol predigerido y deshidratado

3.4 Efecto de la zona de cultivo sobre el contenido de hierro total y soluble en diferentes productos deshidratados de frijol

Se elaboró un producto deshidratado de frijol con cada una de las muestras recolectadas de cada una de las tres zonas mencionadas (nueve en total) y se les midió hierro total e insoluble como en los puntos 3.2.1 y 3.2.2.

El efecto se determinó mediante un Análisis de Varianza con un 1% de significancia.

3.5 Efecto de la predigestión sobre el contenido de hierro total y soluble en el producto deshidratado de frijol

Se elaboraron cuatro lotes del producto de frijol predigerido y deshidratado con materia prima de uno de los agricultores de la región de Upala, y a cada uno se le midió hierro total e insoluble como en los puntos 3.2.1 y 3.2.2. Estos resultados se compararon con el obtenido para el mismo agricultor en el apartado anterior, que corresponde al producto deshidratado sin predigerir. Mediante un Análisis de Varianza con un 1% de significancia se determinó el efecto de la predigestión.

Adicionalmente se comparó entre sí los resultados obtenidos de los cuatro lotes anteriores, con el fin de determinar el efecto del lote de producción sobre el contenido de hierro total y soluble. El efecto se calculó mediante un Análisis de Varianza con un 1% de significancia.

3.6 Cantidad de mezcla hierro electrolítico-ácido ascórbico que se debe adicionar al producto para cubrir el 50% del requerimiento de niños menores de 3 años

Se tomó como base para la fortificación una mezcla de los 4 lotes mencionados en el apartado anterior. Luego, apoyados en las recomendaciones hechas por 8 personas escogidas al azar, consumidores de frijol negro, se elaboró una fórmula preliminar (ver Cuadro 1), sin tomar en cuenta

hierro y ácido ascórbico y a 5 de esas personas madres o padres de familia de niños menores de tres años, se les consultó sobre la cantidad del producto (rehidratado) que su hijo comería como una porción. Lo anterior se hizo con el fin de cubrir un posible efecto de los condimentos por utilizar sobre la solubilidad del hierro, y de tener la cantidad base del producto deshidratado predigerido sobre la cual trabajar.

Se utilizó hierro electrolítico y ácido ascórbico en una relación molar de 1:1,25. y se preparó 5 diferentes niveles de fortificación: 0, 130, 275, 395 y 550 mg Fe/kg. Las cantidades se mezclaron utilizando un homogenizador de harinas marca PK de 15 cm. de diámetro y 23 de profundidad en la manga, 24 rpm, y por un período de 15 minutos. A la muestra con el primer nivel (0 ppm) se le midió hierro total e insoluble como en los apartados 3.2.1 y 3.2.2, a los demás se les midió solamente el insoluble, ya que el total se obtuvo por suma del metal adicionado.

Se analizó 3 muestras por triplicado para cada punto. Con dichos valores se construyó una curva de solubilidad *in vitro* del hierro electrolítico contra el hierro adicionado y la tendencia de esta curva se analizó mediante un análisis de regresión con el fin de evaluar la significancia del modelo lineal (1% de significancia).

La fortificación requerida para lograr el requerimiento diario en niños menores de 3 años (FAO/OMS, 1971; ROCHE, 1995 y Vega, 1989), se determinó por medio de interpolación en la curva obtenida y esa cantidad fue la utilizada en el proceso que se describe adelante.

3.7 Proceso de formulación del alimento

3.7.1 Evaluación sensorial de la formulación preliminar

Luego de realizar la fortificación del alimento preliminarmente formulado (ver Cuadro 1) se evaluó sus características organolépticas. Las pruebas sensoriales siguientes se realizaron con adultos ya que es muy difícil tomar grupos de niños de corta edad para realizar este tipo de pruebas,

además de que la decisión de lo que comen depende de quien les prepare los alimentos.

El primer paso consistió en una sesión de grupo en la que participaron 8 madres o padres de familia encargados de la alimentación de sus hijos menores de 3 años. Se les presentó el alimento deshidratado, y con agua caliente ellos mismos lo reconstituyeron según el gusto de cada uno.

CUADRO 1. Formulación preliminar del alimento deshidratado de frijol predigerido

Ingredientes	Contenido (%)
Producto deshidratado de frijol predigerido (5 % humedad)	91,7
Azúcar	4,9
Sal	2,4
Ajo	0,3
Orégano	0,3
Culantro	0,3
Acido ascórbico (*)	0,04 (aprox.)
Hierro electrolítico (*)	0,01 (aprox.)

(*) La cantidad a adicionar depende del contenido de hierro total y soluble original del alimento deshidratado y formulado

3.7.2 Evaluación del efecto del cocimiento adicional sobre las características sensoriales del alimento preliminarmente formulado

Se prepararon muestras (como en la sección 3.3.2.) con y sin una etapa de cocción adicional como resultado o sugerencia de la evaluación descrita en la sección 3.7.1., las cuales fueron formuladas con cantidades iguales de condimentos (las mismas del Cuadro 1). No fue posible realizar la prueba de diferencia por cuanto la diferencia de color entre las muestras fue muy marcada e imposible de enmascarar. Se utilizó, por lo tanto, una prueba de aceptación, en la que se evaluó, para ambas

muestras, la apariencia, color, olor, sabor, textura y calidad general, tal y como lo describen Pangborn y Pedrero (1989), mediante una escala hedónica de 150 puntos, de tipo no-estructurada. Se escogió la muestra que presentó las mejores calificaciones, siempre y cuando ésta alcanzara un grado mínimo de aceptación de 90 puntos. Los 24 panelistas fueron adultos consumidores de frijol negro y su escogencia se hizo al azar.

Los datos reportados por los diferentes panelistas fueron analizados por el método de Análisis de Varianza y la prueba de comparación de promedios de Tukey, con una confianza del 99%. Se utilizó el paquete estadístico SPSS/PC+.

3.7.3 Formulación final

Se reformuló el alimento nuevamente basándose en las observaciones dadas por los panelistas acerca del sabor y se comparó con la formulación anterior (Cuadro 1). Para determinar la diferencia entre ambas fórmulas se aplicó una prueba de diferencia de tipo triangular, con los mismos panelistas. Se contabilizó el número de aciertos y se compararon con el valor teórico reportado en la tabla estadística específica para la prueba triangular, utilizando un nivel de confianza del 99% (Pangborn y Pedrero, 1989). Inmediatamente después y con los mismos panelistas, se evaluó la preferencia entre las muestras mediante una prueba de comparación por pares, se contabilizó la preferencia para cada una, y ésta se comparó con el valor teórico reportado en la tabla estadística específica para ésta prueba, utilizando un nivel de confianza del 99% (Pangborn y Pedrero, 1989).

3.7.4 Aceptación de la formulación final en niños

El producto con más atributos, según la prueba anterior, se evaluó con un total de 124 niños pertenecientes a los Centros Infantiles de Atención Integral (CEN-CINAI) ubicados en Guadalupe, Calle Blancos, Santa Cecilia y Los Cuadros, y el Centro Infantil Laboratorio de la Universidad de Costa Rica (CIL), todos en la provincia de San José. La técnica utilizada empleó una escala

hedónica estructurada de 5 niveles ordinales (Pangborn, R. 1989) (ver Figura 2) donde la persona a cargo de la alimentación de los niños, marcó con una “X” la casilla, que a su juicio, correspondió a la actitud de agrado o desagrado del infante durante la degustación del alimento. Las evaluaciones se realizaron antes ó en lugar de la merienda, en la mañana o en la tarde de acuerdo al horario de los Centros y con todos los niños a la vez ubicados en las mesas donde se atiende su alimentación normalmente.

Los resultados se analizaron de dos formas: determinando la calificación promedio dada por los niños o expresando el porcentaje de niños que lo calificaron como aceptable.

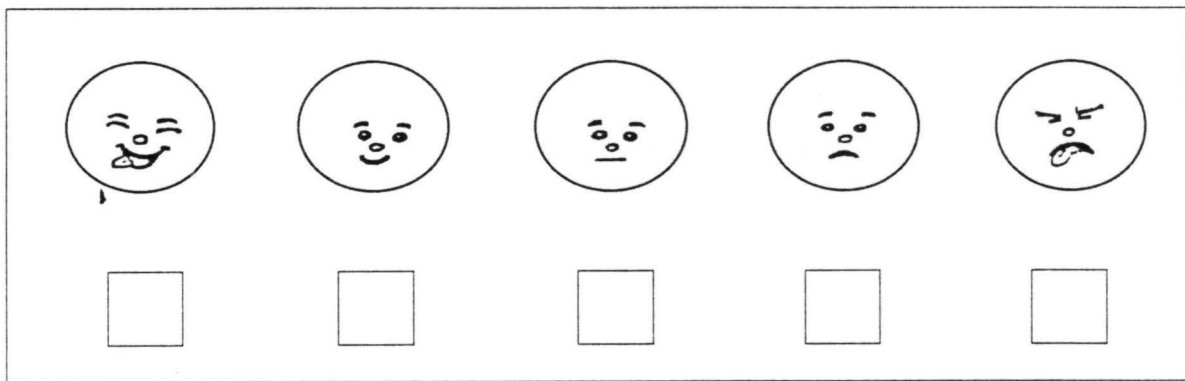


FIGURA 2. Escala hedónica estructurada empleada en la evaluación sensorial con los niños

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Adaptación del método para determinar hierro soluble

El objetivo de estas pruebas, fue el de determinar la replicabilidad del método para la determinación de hierro soluble en el producto deshidratado de frijol predigerido.

El método para determinar hierro soluble consistió de dos etapas: La digestión enzimática y la determinación de hierro en cenizas. En la primera de ellas, se extrae el hierro soluble de la muestra simulando condiciones fisiológicas (Miller, *et. al.*, 1981) y en la segunda se cuantifica el hierro no soluble en el residuo (Osborne y Voogt 1986, y Sotera y Stux 1979) utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica. Es decir, se obtuvo el valor de hierro soluble por diferencia entre el hierro no soluble y el hierro total, cada uno medido en diferentes fracciones de una misma muestra. La determinación de hierro en cenizas consistió en la incineración de la muestra, digestión ácida de las cenizas, filtración y dilución en agua bidestilada.

El número de réplicas necesario para evaluar la reproducibilidad, se estableció mediante la cuantificación de hierro insoluble en 6 réplicas de una misma muestra del producto deshidratado de frijol predigerido. Se efectuaron todas las posibles combinaciones de las 6 en grupos de 2, 3, 4, 5 y 6 réplicas y se calculó la desviación estándar máxima en cada caso. Se analizó la variabilidad en la determinación de hierro insoluble ya que el método implica más etapas que la determinación de hierro total, por lo que se esperarían desviaciones estándar mayores. Los resultados se pueden observar en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Variación de la desviación estándar máxima en la determinación de hierro insoluble

Parámetro	Combinación				
	6 ^{ado}	5 ^{ado}	4 ^{ado}	3 ^{ado}	2 ^{ado}
Desviación estándar máxima (ppm)	0,11 ^(*)	0,15	0,15	0,17	0,19

(*) No hay posibilidad de combinaciones

Trabajar con sextuplicados, aunque presenta la menor desviación (0,11 ppm) se torna muy difícil de manejar para el analista, por lo cual se descartó. Las combinaciones de 5 y 4 réplicas reportaron un mismo valor de 0,15 ppm y en este caso se escogería lógicamente el 4^{ado}. Sin embargo, se decidió sacrificar precisión por facilidad en el manejo de las muestras escogiendo el trabajar por triplicado. En este caso, aunque se da un mayor desvío (0,17 ppm), la diferencia (0,02 ppm) con respecto a los dos anteriores no es significativa en el cálculo final de hierro (+/- 0,5 ppm).

4.2 Efecto de las diferentes zonas de cultivo del frijol sobre la cantidad de hierro total y soluble

Este análisis consistió en determinar si el contenido de hierro total y soluble en el frijol podía verse afectado por factores externos propios de cada zona (Los Chiles, Upala y San Carlos), como por ejemplo una posible diferencia en el contenido de hierro del terreno y otras.

Los valores de hierro encontrados para cada una de las tres zonas en mención se pueden observar en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Contenido de hierro total y soluble (en base seca) en productos de frijol deshidratado, según diferentes zonas de cultivo

Zona	Hierro total		Hierro soluble	
	ppm	σ_n n=3	ppm	σ_n n=3
Los Chiles	70	4	12	3
Upala	66	6	11	2
San Carlos	72	2	13	2

En cuanto al hierro total se puede afirmar, con base en el análisis estadístico, que la zona tuvo un efecto significativo sobre el contenido de las muestras analizadas ($p=0,0001$). El cantón de San Carlos presentó el mayor contenido de hierro (72 ppm) y Upala el menor (66 ppm). El contenido de hierro soluble no se comportó de la misma manera, ya que no se encontró diferencia significativa entre las muestras de las zonas mencionadas ($p=0,0134$). Con base en este último resultado se puede afirmar, preliminarmente, que no hay necesidad de cuantificar el contenido de hierro en el alimento antes de fortificarlo, ya que se podría fijar un valor de hierro soluble promedio para el frijol Talamanca, cosechado en estas zonas, del cual se parta para calcular la adición de hierro electrolítico.

4.3 Efecto de la predigestión en el contenido de hierro total y soluble

El objetivo que se pretendía lograr con este análisis consistía en determinar el efecto que tiene la mezcla de frijol cocido con el germinado y la posterior digestión enzimática sobre la cantidad de hierro total y soluble en el producto. En el Cuadro 4 se pueden observar los valores encontrados al analizar dicho efecto.

CUADRO 4. Contenido de hierro total y soluble (en base seca) del producto deshidratado de frijol con y sin predigestión enzimática

Tratamiento	Hierro total		Hierro soluble	
	ppm	σ_n n=3	ppm	σ_n n=3
Sin predigestión	74	<1	12	2
Con predigestión	68	4	10	5

Entre los productos analizados se obtuvo una pérdida ($p=0,0001$) en el contenido de hierro total por efecto de la predigestión, pero no se encontró que ésta tuviera efecto significativo sobre los contenidos de hierro soluble ($p=0,3622$).

Adicionalmente se determinó el efecto que tiene el lote de producción sobre el contenido de hierro total y soluble en los productos deshidratados de frijol predigerido. Los resultados se observan en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Contenido de hierro total y soluble (en base seca) en diferentes lotes del producto deshidratado de frijol predigerido

Lote	Hierro total		Hierro soluble	
	ppm	σ_n n=3	ppm	σ_n n=3
1	66	<1	6	2
2	67	1	12	3
3	66	1	6	4
4	74	2	16	2

Tanto el hierro total como el soluble se vieron afectados significativamente por el día o lote de producción ($p=0,0004$ y $p=0,0001$ respectivamente). Esta última diferencia significativa revela la necesidad de efectuar un análisis, tanto de hierro total como de hierro soluble para el producto deshidratado de frijol predigerido y formulado, con el fin de determinar la cantidad de hierro que se requiere adicionar para llevar a cabo la fortificación. Con lo anterior se evitaría una sobredosificación ó, en el peor de los casos, una subdosificación en el requerimiento diario de hierro absorbible en los niños menores de 3 años.

4.4 Cantidad de hierro electrolítico-ácido ascórbico que se debe adicionar al producto formulado

A partir de las determinaciones de hierro total y soluble en el producto deshidratado de frijol predigerido y formulado con las diferentes adiciones de la mezcla hierro electrolítico-ácido ascórbico, se obtuvo un modelo que es altamente significativo ($p=0,0001$) y el cual presenta un buen índice de correlación $r=0,998$ (ver Figura 3).

$$\text{Fe electrolítico soluble (ppm)} = 0,4 \text{ Fe adicionado (ppm)} + 2,3$$

Donde "Fe adicionado" es el hierro electrolítico a adicionar (ppm) y el "Fe electrolítico soluble" se debe sustituir por la resta entre el valor de la concentración que debe tener el alimento, para cubrir el 50% del requerimiento diario de los niños, menos el hierro soluble aportado por el mismo, es decir: $75 - \text{Fe soluble original (ppm)}$.

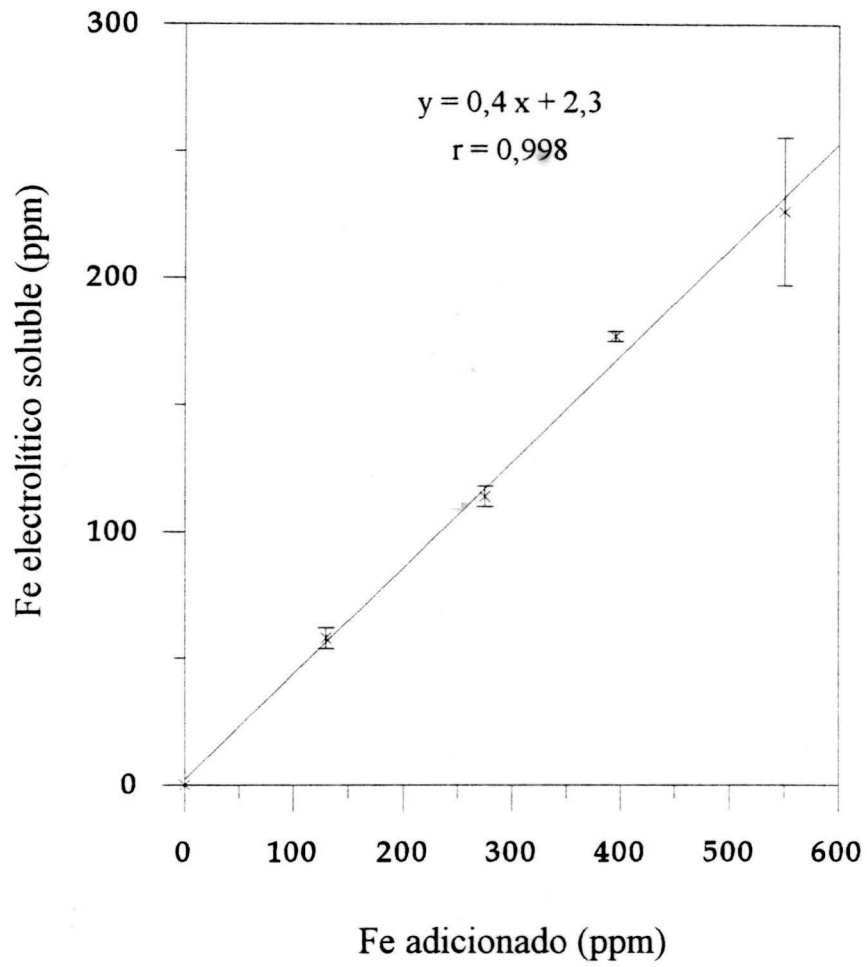


FIGURA 3. Solubilidad del hierro electrolítico adicionado a un producto deshidratado de frijol predigerido

Debido a la variabilidad del hierro soluble encontrada entre los diferentes lotes de producción y a la imposibilidad de medirlo directamente, la cantidad de hierro a adicionar se deberá establecer cuantificando el hierro total (ppm) y el hierro insoluble (ppm) y calcular el hierro soluble (ppm).

4.5 Proceso de formulación del alimento

4.5.1 Evaluación sensorial de la formulación preliminar

El objetivo de esta etapa del estudio consistió en la recopilación de opiniones acerca de las características sensoriales en la formulación preliminar, en una sesión de grupo en la que participaron padres y madres de niños menores de tres años a los que se les expuso previamente el posible alcance y las cualidades del alimento.

Es importante recordar que los análisis sensoriales no se realizaron antes de la fortificación porque se pretendía evaluar cualquier efecto de los saborizantes sobre la solubilidad del hierro, así como el efecto del hierro electrolítico y del ácido ascórbico sobre las características sensoriales del alimento.

Luego de la degustación, con la recopilación de las opiniones acerca de cada una de las características sensoriales, se obtuvieron los primeros lineamientos acerca de los cambios que se debían hacer a la fórmula preliminar (ver Cuadro 6) para mejorarla.

Otro aporte importante en esta evaluación fué la definición de 20 g del alimento seco como la cantidad óptima para una porción. La rehidratación más adecuada, de acuerdo con las observaciones de la sesión de grupo, consiste en mezclar la porción de 20g con 67 mL de agua hirviendo o bien caliente (3,33 L de agua/kg de alimento deshidratado).

CUADRO 6. Principales críticas sobre las características sensoriales del alimento preliminarmente formulado, mencionadas en la sesión de grupo

Parámetro	Crítica
Color	Muy claro
Olor	Desagradable a crudo, fuerte a orégano
Sabor	Muy fuerte amargo, residual amargo, mucho orégano
Textura	Arenosa, babosa
Apariencia	De frijol crudo

Un aspecto importante que se debe resaltar, al llevar a cabo las evaluaciones sensoriales, fue la dificultad de hacer ver a los panelistas que las muestras a catar correspondían a un alimento nuevo ante el cual no existe una constante de consumo, y es distinto a los frijoles molidos comunes; esto indiscutiblemente llevó siempre a una comparación.

Nótese en el Cuadro 6 que una de las principales observaciones correspondió a la “palidez del color” del producto preparado. Esto puede ser causado, en parte por el remojo del frijol y en parte por la porción de frijol germinado que al no ser cocido en agua, no desprende la pigmentación característica.

Respecto al olor a crudo encontrado en la papilla, es el mismo que se percibe en el momento de la molienda y que es propio del frijol germinado crudo. En esta etapa del proceso de elaboración del producto, dicho olor tenía mayor intensidad, pero disminuía luego de la predigestión y el secado en tambores. El otro olor percibido es el de “orégano”, el cual se calificó unas veces como desagradable por su “fuerte intensidad” y otras porque no les gustaba su característico aroma, es decir, hubo personas que lo rechazaron del todo en la papilla.

En las calificaciones del sabor se criticó fuertemente el residual “amargo”, a “frijol crudo” y el “del orégano”. Los sabores, “crudo y amargo”, coincidieron con el que había sido detectado por otras personas ajenas al estudio sensorial al degustar propiamente el producto deshidratado y predigerido sin formular, y también al degustar el orégano puro que genera un sabor amargo bastante fuerte.

En cuanto a la textura, principalmente se destacó “la arenosidad” lo cual corresponde a las partículas de frijol germinado luego de su molienda y la “textura babosa” se asemejó a la que adquiriría el producto de frijol germinado luego de la molienda.

El análisis anterior sobre las características sensoriales del alimento condujo a la comparación del producto con una hojuela o polvo de “frijol crudo”, es decir, no fue aceptada la base del alimento (el producto seco de frijol predigerido). Ante esto se encaminó el análisis hacia la búsqueda de cambios a partir del producto predigerido (sin secar), es decir, modificar de alguna manera el proceso sin afectar etapas imprescindibles como la predigestión enzimática. Además, de esta manera se evitaría el recurrir a encubrimientos de sabor con la utilización de aditivos o condimentaciones más fuertes, nocivas para infantes. Con base en esto surgió la idea de darle un cocimiento al producto inmediatamente después de la predigestión enzimática tratando de mejorar las características sensoriales, sin modificar la formulación y luego analizar sensorialmente el resultado.

4.5.2 Evaluación del efecto del cocimiento sobre las características sensoriales del alimento formulado

Para esta prueba se prepararon muestras con y sin la cocción adicional, las cuales se condimentaron de manera idéntica (ver Cuadro 1).

La primer evaluación que cabía hacer entre las dos muestras correspondía a una prueba de diferencia para establecer si había o no una diferencia significativa al haber cocido el producto predigerido antes de secarlo, sin embargo, ésta se descartó por la imposibilidad de encubrir la diferencia de color entre ambas muestras. Por lo tanto, se pasó a la prueba de aceptación, de la cual se obtuvieron los resultados que se observan en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Aceptación promedio obtenida con los dos tratamientos hechos al producto de frijol predigerido formulado preliminarmente

Tratamiento	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Calidad general
Sin cocimiento	97 _a	83 _a	84 _a	67 _a	84 _a	69 _a
Con cocimiento	110 _a	127 _b	107 _a	90 _a	104 _b	89 _b

Las letras divergentes dentro de la misma columna son significativamente diferentes (p=0,01)

Se hallaron diferencias de aceptación significativas (p=0,01) en los parámetros de color y textura, en donde la muestra “con cocimiento” superó el mínimo de aceptación (de 90 puntos). Esto podría confirmar las suposiciones sobre la muestra “sin cocimiento” en cuanto a la presencia de partículas de frijol germinado que no logran ser cocidas con el secado de tambores y que se perciben “más duras y arenosas” y una posible “liberación de pigmentos” o “reacción de color” con el cocimiento, dado que se logró suavizar la papilla y mejorar su color. También se halló diferencia altamente significativa entre ambas muestras o tratamientos en el parámetro de “calidad general” pero en éste caso, la muestra con cocimiento fue considerada como “buena”, y la muestra sin cocimiento se calificó como “regular”. No se encontró diferencia en el sabor entre ambos tratamientos como se esperaba, con la cocción dada al producto. Aparentemente la cocción no mejoró el olor ni el sabor del producto final, sí su color y textura y por ende la calidad general. Por ello se consideró pertinente incluir la etapa de cocimiento en la elaboración del alimento deshidratado de frijol predigerido.

En el parámetro “sabor” la calificación se considera como de “baja aceptación”, lo anterior, aunado a los comentarios de varios posibles usuarios del producto sobre la posibilidad de “disminuir el dulzor”, y los resultados del análisis cualitativo en cuanto a “cambiar o eliminar el orégano”, fueron la base para enfocar el análisis siguiente hacia el mejoramiento del sabor mediante reformulación con la base del producto “con cocimiento”. Dado que es un alimento para niños menores de 3 años y siguiendo las recomendaciones de los padres y madres, se dio prioridad a la eliminación o disminución de condimentos con el fin de obtener un producto más adecuado para los niños.

4.5.3 Formulación final

Con base en los comentarios y resultados obtenidos en el análisis sensorial anterior, se preparó, para esta etapa del estudio, una muestra a la que se le eliminó completamente el orégano y se le disminuyó el contenido de azúcar. Esto puede verse en el Cuadro 8.

CUADRO 8. Contenido de la formulación preliminar y reformulación del producto deshidratado de frijol predigerido

Ingredientes	Formulación preliminar (%)	Reformulación (%)
Producto deshidratado y predigerido (5 % hum.)	91,7	92,6
Azúcar	4,9	4,3
Sal	2,4	2,4
Ajo	0,3	3,0
Orégano	0,3	---
Culantro	0,3	0,3
Acido ascórbico (*)	0,04 (aprox.)	0,04 (aprox.)
Hierro electrolítico (*)	0,01 (aprox.)	0,01 (aprox.)

(*) La cantidad a adicionar depende del contenido de hierro total y soluble original del alimento deshidratado y formulado

Con el fin de determinar si este cambio (azúcar y orégano) era significativo se realizó una prueba triangular de diferencia e inmediatamente después la otra prueba de aceptación. Ambos resultados se observan en el Cuadro 9.

CUADRO 9. Preferencia y grado de diferencia sensorial entre las diferentes formulaciones del alimento deshidratado de frijol predigerido

Prueba de diferencia		Prueba de preferencia	
Aciertos (%)	Deshaciertos (%)	Formulación preliminar (%)	Reformulación (%)
62,5 _a	37,5 _b	43,5 _a	56,5 _a

Las letras divergentes dentro del misma prueba son significativamente diferentes (p=0,01)

Se determinó que la diferencia entre las muestras con la formulación preliminar y la reformulada es significativa (p=0,01), es decir, sí se dieron cambios en el sabor del producto por los cambios de formulación efectuados. Sin embargo, esa diferencia no fue suficiente como para que los panelistas prefirieran una de ellas en particular, ya que no se encontró diferencia significativa en la preferencia entre las dos formulaciones pero, se escogió la fórmula menos condimentada por considerarse “más adecuada” para los niños.

El siguiente estudio consistió en evaluar la aceptación del producto reformulado directamente con los niños. La calificación promedio obtenida fue de 3,85 con una desviación estandar de 1,31. De acuerdo a la escala empleada esta calificación corresponde a un producto “aceptable” y “agradable” para los niños con los cuales se trabajó. Un 68% lo calificó de “4 a 5” que son los puntos de mayor agrado y verdadera aceptación lo cual se considera satisfactorio. Esto comparado con un 34% que lo ubicó entre las casillas de “1 a 3” (ver Figura 4) dan base para afirmar que el

alimento en su formulación final fue aceptado por el grupo de niños que lo evaluó y no fue necesario continuar reformulando.

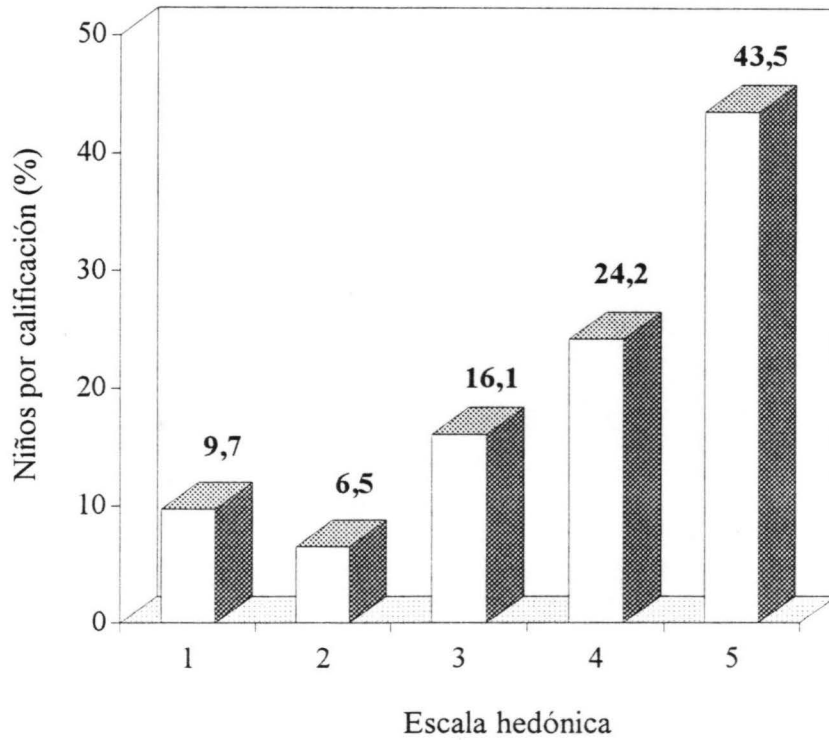


FIGURA 4. Grado de aceptación del alimento deshidratado de frijol predigerido, reformulado y fortificado, por parte del grupo de niños evaluados

V. CONCLUSIONES

- Se logró la adaptación efectiva de la modificación al método de Miller, *et. al.*, (1981) para cuantificar hierro soluble, y la determinación de hierro total en cenizas siguiendo la metodología de Osborne y Voogt (1986) y las recomendaciones de Sotera y Stux (1979), obteniéndose siempre desviaciones estandar menores a 0,17 ppm en las cuantificaciones de hierro utilizando 3 réplicas.
- La zona de cultivo de frijol tuvo un efecto significativo ($p=0,0001$) sobre el contenido de hierro total en el producto deshidratado de frijol, pero no se encontró diferencia significativa ($p=0,0134$) en el contenido de hierro soluble en las mismas muestras.
- El lote de producción tuvo un efecto significativo sobre el contenido de hierro total ($p=0,0004$) y hierro soluble ($p=0,0001$) en el producto deshidratado de frijol predigerido.
- Se encontró un efecto significativo ($p=0,0001$) de la predigestión sobre el contenido de hierro total en el producto de frijol deshidratado, sin embargo, este efecto no se notó significativo ($p=0,3622$) en el contenido de hierro soluble.
- La cantidad de hierro a adicionar al producto deshidratado de frijol predigerido y formulado se debe establecer mediante la cuantificación del hierro soluble inicial, y la aplicación del modelo matemático calculado ($75 - \text{hierro soluble original (ppm)} = 0,4 \text{ hierro a adicionar (ppm)} + 2,3$).
- Se halló diferencia en preferencia ($p=0,01$) entre las muestras preparadas con y sin cocimiento posterior a la predigestión, en los parámetros de color, textura y calidad general los cuales además sobrepasaron la calificación mínima de 90 puntos para la muestra cocida, con base en lo cual se incluyó esta operación como parte del proceso de elaboración del alimento.

- Entre las muestras con la formulación preliminar y la reformulada, se determinó que hay diferencia significativa ($p=0,01$), sin embargo, no se encontró preferencia por una de las dos formulaciones.
- El alimento fue hallado “agradable” por un 68% de los niños evaluados, con una calificación promedio de 3,85 puntos de la escala empleada (1 a 5).

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuros estudios:

- Determinar la aplicabilidad de este estudio en otras variedades y zonas de cultivo de frijol mediante la elaboración de los productos correspondientes y la utilización del modelo matemático.
- Determinar el posible efecto de las modificaciones hechas al método de Lizano, P., (1996), sobre la acción amilolítica.
- Realizar un estudio de vida útil para determinar la estabilidad nutricional y la calidad general del producto.

VII. BIBLIOGRAFIA

- BELITZ, H. & GROSH, W. 1989. Química de los Alimentos. 2 ed. Zaragoza, Acribia p.344.
- CABALLERO, B. 1987. Dieta y Función Cerebral. Boletín CESNI 1: 10.
- CALVO, E. 1987. Deficiencia de Hierro en la Infancia. Boletín CESNI 1: 2.
- COMPAÑIA ROCHE. 1995. Vitamina C y la Absorción de Hierro. Folleto informativo elaborado por el Departamento de las Industrias Alimentarias y Farmacéutica, División Vitaminas y Productos Químicos Finos.
- OMS, OPS, ONU. 1991. Informe al país. Conferencia Internacional sobre salud. San José.
- CLYDESDALE, F. & NADEAU, D. 1985. Effect of Acid Pretreatment on the Solubility of Ascorbic Acid Complexes with Various Iron Sources in a Wheat Flake Cereal. Journal of Food Science 50: 1342.
- FAO/OMS. 1971. Necesidades de Acido Ascórbico, Vit. D, Folato e Hierro. Informe de un Grupo Mixto de Expertos. Roma.
- HALLBERG, L., BRUNE, M. & ROSSANDER, L. 1986. Effect of Ascorbic Acid on Iron Absorption from Different Types of Meal. Human Nutrition 40A: 97.
- KAUFER, M. 1987. Adición de Hierro a los Alimentos: Una medida temporal para combatir la anemia. Cuadernos de Nutrición 10(5): 3.
- KAPANIDIS, A. & LEE, T. 1996. Novel Method for the Production of Color-Compatible Ferrous Sulfate-Fortified Simulated Rice through Extrusion. Journal of Agriculture Food Chemistry 44(2): 522.
- LIZANO, P., 1996. Evaluación de la producción de engrudo de frijol deshidratado a nivel de planta piloto. San José. Tesis en Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos.
- MEZA, N. & RODRIGUEZ, N. 1991. II Encuesta Nacional sobre el consumo aparente y análisis de tendencias en el consumo de alimentos, 1989-1991. San José. Ministerio de Salud, Departamento de Nutrición Integral.
- MILLER, D., SCHRICKER, B., RASMUSSEN, R. & CAMPEN, V. 1981. An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. The American Journal of Clinical Nutrition. 34: 2248.

- MONGE, R. & MUÑOZ, L. 1994. Hierro disponible en los habitantes del área metropolitana de San José, Costa Rica. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas* 15(1, 2): 35.
- MUÑOZ, L. & ULATE, E. 1994. Informe Interno de la Escuela de Nutrición, Universidad de Costa Rica.
- NARASINGA, B. & PRABHAVATI, T. 1978. An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 31: 169.
- OSBORNE, D. & VOOGT, P. 1986. Análisis de los Nutrientes de los Alimentos. Zaragoza, Acribia.
- PABON, M. & VAN CAMPEN, D. 1986. Effects of some CHO on iron absorption. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 36(4): 696.
- PANGBORN, R. & PEDRERO, D. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos: Métodos Analíticos. México, Alhambra.
- RODRIGUEZ, A. 1994. Tesis: Efecto de la Adición de Frijol Germinado *Phaseolus vulgaris* sobre la Digestibilidad *in vitro* del Frijol Cocido para las Variedades Huetar y Talamanca. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- SCRIMSHAW, N. 1993. Significado Funcional de la Deficiencia de Hierro. Cuadernos de Nutrición. 16(3): 26.
- SOTERA, J. & STUX, R. 1979. Atomic Absorption Methods Manual: Standard conditions for flame operation. Instrumentation Laboratory Inc., E.U.A., Vol. 1.
- STEKEL, A., AMAR, M., CALVO, E., CHADUD, P. & HERTRANPF, E. 1983. Nutritional Significance of Interaction between Iron and Food Components. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 33(1): 36.
- SVANBERG, U., LORRY, W. & SANDBERG, A. 1993. Lactic Fermentation of Non-Tannin and High-Tannin Cereals: Effects on *in vitro* Estimation of Iron Availability and Phytate Hydrolysis. *Journal of Food Science* 58: 408.
- VEGA, L. 1989. Deficiencia de Hierro en la Infancia: manifestaciones clínicas, tratamiento y prevención. II parte. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 46(10): 693.
- VEGA, L., 1989. El hierro en la Infancia: Función biológica, requerimientos y deficiencia. *Cuadernos de Nutrición* 12(4): 33.