

UTILIZACION DEL HIERRO HEMINICO EN LA FORTIFICACION DE ALIMENTOS (*)

MIRNA AMAR, *Químico Farmacéutico*

EVA HERTRAMPF, *Médico*

NELSON CARTAGENA, *Ingeniero Alimentos, Magister Nutrición*

JUAN ALFONSO ASENJO, *Ingeniero Alimentos, Ph. D.*

JUDITH KING, *Químico Farmacéutico*

MANUEL OLIVARES, *Médico*

ABRAHAM STEKEL, *Médico*

INSTITUTO DE NUTRICION Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS
Universidad de Chile

INTRODUCCION

La deficiencia de hierro plantea en el mundo actualmente un problema de Salud Pública de gran magnitud. Estudios patrocinados por la OMS demuestran que esta deficiencia es la carencia nutricional más prevalente tanto en países desarrollados como subdesarrollados (1), siendo especialmente susceptibles los lactantes, preescolares y embarazadas.

En estudios de lactantes provenientes de niveles socioeconómicos bajos en la ciudad de Santiago, la prevalencia de anemia ha variado entre el 14 y 35%; eritropoyesis deficiente en hierro (saturación de transferrina bajo 15%) se encontró entre un 62 y 75% de los casos (2, 3). Resultados de la Encuesta Continuada del Estado Nutricional de la población chilena (ECEN) realizada en 1974-75 por el Servicio Nacional de Salud, demostraron que el 28% de los lactantes y el 18% de los preescolares presentaban anemia; mientras que el 65% de los lactantes tenían una saturación de la transferrina baja (4). Estudios en embarazadas han revelado porcentajes de anemia de 19 a 21%, con saturación de la transferrina bajo 15% en el 35 a 37% de los casos (3, 5).

(*) Este estudio ha sido realizado por convenio con el Consejo Nacional para la Alimentación y Nutrición (CONPAN) y ha sido, además, financiado en parte por el Servicio de Desarrollo Científico de la Universidad de Chile.

Evidencias recientes indican que la deficiencia de hierro produce además de la anemia, diversos efectos deletéreos en el organismo en relación a metabolismo muscular (6), crecimiento celular (7), metabolismo cerebral (8), resistencia a las infecciones (9) y control de temperatura corporal (10).

Idealmente, toda carencia nutricional debiera prevenirse a través de una dieta adecuada. En el caso del hierro esto es bastante difícil de lograr, en especial en grupos etarios con altos requerimientos como lactantes y embarazadas. Estudios preliminares de la biodisponibilidad de hierro de platos habituales consumidos por la población chilena de bajo nivel socioeconómico han indicado que el aporte de hierro no es suficiente, ni siquiera para cubrir las necesidades de este nutriente en grupos de bajos requerimientos (11). Comités de expertos y agencias internacionales han recomendado la fortificación de alimentos como el método más adecuado para prevenir la deficiencia de hierro en una población (1).

El hierro presente en alimentos de origen vegetal y vísceras animales, junto al hierro inorgánico usado en la fortificación de alimentos, conforman a nivel intestinal el denominado "pool de hierro no hemínico", cuya absorción es afectada por diversos factores entre los que destacan la composición de la dieta (12), el estado de oxidación del hierro y las características físico-químicas del lumen intestinal (13). El hierro proveniente de músculo (mioglobina) y hemoglobina constituyen el llamado "pool de hierro hemínico", cuyo mecanismo de absorción es diferente, lo que determina que su biodisponibilidad sea independiente de los factores enumerados anteriormente (13, 14, 15). Estos antecedentes permiten plantear la posibilidad de usar hierro hemínico en la fortificación de alimentos.

La sangre de animales de matanza es una fuente potencial de grandes cantidades de hierro hemínico. Según datos obtenidos de la última Encuesta Nacional de Mataderos (1975) el total de sangre aprovechable habría sido de 11 millones de litros; concentrándose en la región metropolitana el 39% de la producción nacional (Mat. Lo Valledor) (16).

Al analizar los programas nacionales de entrega de alimentos, la leche y las galletas destacan como vehiculos susceptibles de ser utilizados para la fortificación con hierro hemínico. Estos alimentos son consumidos por la población en forma más o menos constante, en cantidades conocidas y son procesados en forma centralizada.

Con estos antecedentes, el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos ha desarrollado una línea de investigación que tiene por objeto estudiar la posibilidad de utilizar hierro hemínico de origen animal en la fortificación de alimentos que están siendo entregados a la población a través de programas nacionales.

RESULTADOS

I. Obtención y características de un concentrado de glóbulos rojos de bovinos.

La obtención del concentrado requiere de sangre líquida extraída en condiciones asépticas. El procesamiento consiste en una centrifugación para separar el plasma de la fracción celular. Posteriormente el concentrado de glóbulos rojos es deshidratado, obteniéndose un polvo fino de color rojo oscuro.

La composición proximal y aminoacídica se detalla en las tablas 1 y 2. Se observa que el concentrado tiene cantidades superiores al 90% de proteína y un alto contenido de hierro. El perfil aminoacídico muestra que el producto es una fuente importante de lisina, siendo deficitario en isoleucina y azufrados.

TABLA 1

COMPOSICION PROXIMAL DE UN CONCENTRADO DESHIDRATADO DE GLOBULOS ROJOS DE BOVINO

Análisis	%
Humedad	2,4
Proteínas (N x 6,25)	94,0
Extracto etéreo	0,5
Cenizas	2,7
Extracto no nitrogenado	0,4
Fe mg/g concentrado	2,7

TABLA 2

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE UN CONCENTRADO DESHIDRATADO DE GLOBULOS ROJOS DE BOVINO

Aminoácidos	g aminoácidos/100 g proteínas	
	Concentrado de g. rojos	Patrón FAO/OMS (1973)
Lisina	9,88	5,44
Treonina	3,66	4,00
Metionina + Cistina	1,56	3,52
Valina	9,05	4,96
Fenilalanina + Tirosina	9,31	6,08
Leucina	15,05	7,04
Isoleucina	trazas	4,00
Triptófano	no reportado	0,96
Arginina	4,65	
Acido aspártico	11,04	
Serina	3,97	
Acido glutámico	4,64	
Prolina	trazas	
Glicina	4,46	
Alanina	9,86	
Histidina	6,66	

Se han estudiado en detalle, asimismo, propiedades funcionales del concentrado, tales como solubilidad, capacidad de emulsificación, capacidad espumante, capacidad de hinchamiento y absorción de agua, concluyéndose que posee ventajosas propiedades que permiten su uso en una gran variedad de alimentos.

Los controles microbiológicos y químicos del concentrado al ser almacenado a diferentes temperaturas por largos períodos de tiempo, establecieron que el producto presenta una excelente estabilidad que permite su uso para el consumo humano.

II. Fortificación de alimentos con hierro hemínico.

a) Estudios en leche.

Se fortificó leche entera (26% materia grasa) con el concentrado de hemoglobina a nivel de 4%. El concentrado imparte a la fórmula láctea, reconstituida al 10%, un aspecto achocolatado sin producir modificaciones en el sabor.

El producto fortificado fue sometido a estudios de percibibilidad, detectándose un efecto catalizador del concentrado sobre la peroxidación de los lípidos de la leche. Estudios posteriores demostraron que el agregado de antioxidantes era efectivo en prevenir la peroxidación, sin embargo, el Reglamento Sanitario de Alimentos prohíbe el uso de antioxidantes en fórmulas lácteas.

Actualmente se encuentran en estudio, una serie de alternativas tecnológicas que permitan la incorporación del concentrado a la leche sin que se produzcan cambios organolépticos indeseables.

b) Estudios en galletas.

Estudios preliminares determinaron que teniendo en cuenta aspectos tecnológicos y nutricionales, los niveles de adición del concentrado debían variar entre 4 y 8%. Se elaboraron galletas de harina de trigo fortificadas con 4, 6 y 8% del concentrado de hierro hemínico utilizando los ingredientes y aditivos habituales en la industria de galletas.

Las formulaciones fueron sometidas a evaluación sensorial a través de un panel de jueces entrenados, comparándolas con una galleta control (no fortificada). Los resultados de esta evaluación permitieron concluir que

la calidad general de las formulaciones variaba entre buena (puntaje = 6,1) y regular (puntaje = 4,1), no existiendo preferencia significativa entre las formulaciones al 4 y 6%. En base a estos resultados se seleccionó el nivel de 6% como el más adecuado.

La tabla 3 muestra la composición proximal de la galleta fortificada y control. Es evidente el aumento en la fracción proteica y en el contenido de hierro de la galleta fortificada. La tabla 4 indica que la composición aminoacídica se ve mejorada notablemente por efecto del agregado del concentrado, resultando el producto deficiente en isoleucina.

TABLA 3

COMPOSICION PROXIMAL GALLETA CONTROL Y GALLETA FORTIFICADA CON 6% DE CONCENTRADO DE GLOBULOS ROJOS

Análisis	%	
	Control	6% Fortificación
Humedad	6,4	4,6
Proteínas (N x 6,25)	8,4	13,5
Extracto etéreo	11,0	11,0
Cenizas	1,0	1,1
Ext. no nitrogenado	73,3	69,8
Fe (mg/100 g)	2,3	19,6

III. Biodisponibilidad del hierro hemínico en leche y galletas.

Se han realizado estudios de absorción del hierro hemínico de fortificación en 70 lactantes y 15 pre-escolares utilizando una técnica doble isotópica de acuerdo al método de Eakins y Brown (17). El promedio geométrico de absorción, en leche y en galletas, han sido alrededor de 20% (tabla 5).

Esta excelente biodisponibilidad del hierro hemínico, muy superior a la del hierro no hemínico usado en fortificación, permite plantear su uso en la prevención de la deficiencia de hierro, aun en grupos con altos requerimientos.

IV. Estudios de terreno con galletas fortificadas.

En Chile existen dos instituciones que entregan galletas en sus programas de alimentación. La Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JNAEB) entrega 30 g de galletas/día durante 150 días al año con una cobertura de 1.050.000 escolares; la Junta de Jardines Infantiles (JUNJI) entrega 40 g galletas durante 220 días al año, con un total de 40.000 pre-escolares beneficiados.

TABLA 4

COMPOSICION DE AMINOACIDOS GALLETA CONTROL Y GALLETA FORTIFICADA CON 6% DE CONCENTRADO DE GLOBULOS ROJOS

Aminoácidos	g aminoácidos/100 g proteína		
	Control	Galleta Fortificada	Patrón FAO/OMS (1973)
Lisina	1,46	5,01	5,44
Treonina	2,16	2,65	4,00
Metionina + Cistina	1,21	1,49	3,52
Valina	3,86	6,45	4,96
Fenilalanina + Tirosina	6,45	7,49	6,08
Leucina	6,66	10,60	7,04
Isoleucina	3,03	1,61	4,00
Triptófano	no reportado	no reportado	0,96
Score de aminoácidos (*)	26,83	40,25	
Primer limitante	Lisina	Isoleucina	

(*) Excluido Triptófano.

Los estudios de perecibilidad realizados en el producto fortificado indicaron que en condiciones normales de almacenamiento no

existen problemas de rancidez organoléptica al cabo de 7 meses de conservación.

TABLA 5

ABSORCION DE HIERRO DE FORTIFICACION EN DIVERSOS ALIMENTOS

Alimento	Sujeto	N	Tipo Hierro	Concentración de Hierro (mg/100 g)	Absorción *
Leche	Lactante	49	Hemínimo	15,0	20,0 (4,1-81,0)
Galletas	Preescolares y Escolares	15	Hemínico	19,6	19,7 (9,8-52,5)
Leche	Lactantes	35	No Hemínico	15,0	3,7 (0,2-26,5)
Mezcla	Preescolares	15	No Hemínico	11,0	7,0 (1,5-17,6)
Trigo-Leche Soya					

(*) Promedio geométrico y rango.

Utilizando esta infraestructura se diseñó un estudio longitudinal que está siendo realizado en dos escuelas acogidas a los programas de la JNAEB, con el objeto de medir en escolares el efecto de la fortificación sobre la nutrición de hierro. Se está comparando el estado de nutrición de hierro en escolares que reciben galletas fortificadas con Fe hemínico durante 18 meses con escolares que reciben galletas no fortificadas. Se están evaluando parámetros antropométricos y hematológicos al ingreso, 6, 12 y 18 meses de seguimiento. Resultados iniciales, al cabo de 6 meses de iniciado el estudio, revelan una excelente aceptabilidad de la galleta fortificada y un efecto significativo sobre los depósitos de hierro.

La implementación a nivel nacional de un programa con galletas fortificadas requeriría de un estricto control de la calidad de los productos y de una cuidadosa evaluación de los resultados. Al representar este tipo de programa un mayor costo, los beneficios potenciales deberán ser constantemente revisados.

CONCLUSIONES

La información acumulada hasta la fecha permite concluir que el uso de galletas fortificadas con hemoglobina es tecnológicamente factible y tendría ventajas en la nutrición del escolar. Se puede calcular que 30 gramos de galletas fortificadas al día aportan 1.8 g de hemoglobina y aproximadamente 5 mg de hierro hemínico, que con un 20% de absorción aportarían 1 milígramo de hierro absorbido diario, que son los requerimientos de un niño. Esto, presumiblemente, permitiría no sólo prevenir la anemia por falta de hierro, sino aumentar los depósitos del metal en prevención a los mayores requerimientos de la adolescencia. El producto contribuiría además al aporte proteico. El mejoramiento del estado de nutrición de hierro podría, a su vez, contribuir a un mejor estado de salud y a mayor rendimiento escolar.

REFERENCIAS

- 1.— **ANEMIAS NUTRICIONALES.** Organización Mundial de la Salud. Series de Informes Técnicos N° 503, Ginebra, 1972.
- 2.— **MARGOZZINI, J.; BRAVO, M. y cols.**— Deficiencia de hierro en lactantes eutróficos del Área Norte de Santiago. *Rev. Chil. Ped.* 43: 9, 1972.
- 3.— **STEKEL, A.; OLIVARES, M.; LOPEZ, I.; CHAUDUD, P.; CASTAÑO, G.; AMAR, M.**— Implicancias nutricionales de algunos estudios de prevalencia de la carencia de hierro en Chile. IV Congreso Chileno de Hematología, Santiago, 1976.
- 4.— **STEKEL, A.** (Comunicación personal).
- 5.— **LIRA, P.; FORADORI, A.; GREBE, G. y otros.**— Características hematológicas de una población de embarazadas en Chile. *Rev. Méd. Chile* 106: 343, 1978.
- 6.— **FINCH, C. A.; MILLER, L. R.; INAMDAR, A. R.; PERSON, R.; SEILER, K and MACKLER, B.**— Iron deficiency in the rat. Physiological and Biochemical studies of muscle dysfunction. *J. Clin. Invest.* 58: 447, 1976.
- 7.— **DALLMAN, P. R.; GOODMAN, J. R.**— The effects of iron deficiency on the hepatocyte: a biochemical and ultrastructural study. *J. Cell. Biol.* 48: 79, 1971.
- 8.— **DALLMAN, P. R.; SIMES, M. A. and MANIES, E. C.**— Brain iron: persistent deficiency following short term iron deprivation in young rat. *Brit. J. Haemat.* 31: 209, 1975.
- 9.— **CHANDRA, R. K.**— Iron and immunocompetence. *Nutr. Rev.* 34: 5, 1976.
- 10.— **DILLMAN, E.; GALE, C.; GREN, W.; JOHNSON, D. G.; MACKLER, B. and FINCH, C.**— Hypothermia in iron deficiency due to impaired T4/T3 conversion (in press).
- 11.— **AMAR, M.; GREBE, G.; HERTRAMPF, E.; PIZARRO, F.; STEKEL, A.**— Biodisponibilidad del hierro de una dieta habitual chilena. V Congreso Chileno de Hematología, Santiago, 1980 (Abstract, p. 14).
- 12.— **LAYRISSE, M.**— Effect of interaction of various foods on iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 21: 1175, 1968.
- 13.— **CONRAD, M.**— Intraluminal factors affecting iron absorption. *Israel J. Med. Sci.* 4: 917, 1968.
- 14.— **CALLENDER, S. T.; MALLET, B. J. and SMITH, M. D.**— Absorption of Haemoglobin iron. *Brit. J. Haemat.* 3: 186, 1957.
- 15.— **CONRAD, M. E.; BENJAMIN, B. I.; WILLIAMS, H. L. and FOX, A. L.**— Human absorption of haemoglobin iron. *Gastroenterology* 53: 5, 1967.
- 16.— **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA.** Encuesta Nacional de Mataderos. Pub. N° 67, 1975.
- 17.— **EAKINS, J. D.; BROWN, D. A.**— An improved method for the simultaneous determination of ⁵⁵Fe in blood by liquid scintillation counting. *Intern. J. Appl. Rad. Isotopes.* 17: 391, 1966.