

ELEMENTOS TRAZA ESENCIALES EN DOS VARIETADES DE TRIGO Y CAMBIOS DE DISTRIBUCION DE LOS MISMOS CAUSADOS POR EL PROCESAMIENTO *

Gabriela Mahecha **

RESUMEN

Se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica los elementos minerales esenciales en dos trigos duros comerciales, en las fracciones de la molienda del trigo (harina, salvado y mogolla) y en el pan preparado de la harina.

Las fracciones de salvado y mogolla contienen mayor cantidad de todos los minerales que el trigo original, en cambio el contenido en el pan y la harina es mas bajo.

Estos resultados sugieren la posibilidad de enriquecer el pan con las fracciones de salvado y mogolla, las cuales son obtenidas del trigo en altas proporciones.

La variedad IS68 contiene mayor cantidad de todos los elementos traza esenciales estudiados, siendo también superior su contenido que el reportado por otros investigadores que trabajaron en muestras americanas y francesas de diferentes áreas geográficas (1, 2, 3, 4).

SUMMARY

Essential minerals of two commercial hard wheats, the mill products (flour, bran, germ), and bread made

* Este trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia.

** Profesor Asistente del Departamento de Química.

from the flours, were analyzed by atomic absorption spectroscopy.

The bran and germ fractions have higher amount of all minerals than the original wheat; on the contrary the content of minerals in bread and flour is low. - These results suggest that some of the commercial mill fractions such as bran and germ, which are produced in rather high proportions from the wheat, could serve to enrich bread.

The variety LS68 has the highest amount of all the essential trace elements studied, being also higher than the reported by previous investigators that worked on american and french samples of different geographic areas (1, 2, 3, 4).

INTRODUCCION

El trigo, harina y productos de molienda contienen muchos micronutrientes indispensable para la alimentación apropiada del hombre y de los animales.

El zinc, cobre, manganeso, selenio, cobalto y molibdeno además del hierro y yodo son considerados como los ocho micronutrientes esenciales en nutrición animal (5, 6). Su papel fisiológico ha sido atribuido a su asociación en los sistemas enzimáticos de las células vivas (7).

El zinc tiene al menos dos funciones biológicas;

a) es un componente de varias metaloenzimas y
b) toma parte en el metabolismo de los ácidos nucleicos y proteínas, aunque su papel no es conocido (7).

Se ha establecido que la deficiencia en zinc retarda el crecimiento y la cicatrización de las heridas y produce atrofia en los órganos sexuales (8).

Se requiere cobre en la síntesis de la hemoglobina (9) y en los sistemas enzimáticos.

El cobalto es un elemento necesario debido principal-

mente a su presencia en la vitamina B-12 (10).

Se ha demostrado que el molibdeno es una parte esencial de la xantina oxidasa (10).

El manganeso es importante en las funciones de reproducción y en la formación de los huesos (9).

Los elementos traza esenciales son tan importantes en la nutrición de los seres vivos como las vitaminas; a diferencia de estas los elementos traza deben estar presentes en el medio dentro de un intervalo pequeño de concentración ya que tanto un exceso como una deficiencia, son perjudiciales (11).

Se ha estimado que el requerimiento diario de cobre para un adulto es de 1-2 mgr; a pesar de que los requerimientos de zinc para humanos no se han establecido todavía, se ha calculado que 6 mgr. por día suministran la cantidad adecuada para preadolescentes (10).

No se ha demostrado síntomas de deficiencia de cobalto en los humanos. En medicina humana una ingestión grande de cobalto causa la policitemia de cobalto. Tampoco se han demostrado síntomas de deficiencia en molibdeno, en cambio hay mucha evidencia sobre la toxicidad del selenio y del molibdeno en ciertas áreas geográficas del mundo. Esto puede tener mayor importancia económica para el hombre que la posibilidad de una deficiencia.

Se ha propuesto y recomendado un consumo diario de manganeso de 2,13 - 2,43 mgr. (12)

Además se ha sugerido que los requerimientos de ciertos elementos traza aumenten con la edad (10).

El zinc, cobre, manganeso, selenio y cadmio se almacenan en el hígado; se ha notado que un cambio de uno o más de estos elementos causan en el hombre trastornos hepáticos. La actividad de la alcohol deshidrogenasa (enzima dependiente del zinc) en el hígado se incrementa en la cirrosis, además el contenido de manganeso y molibdeno en el hígado disminuye. Se cree que algunas de las manifestaciones clínicas de la cirrosis podrían estar relacionadas con los cambios en el contenido de los micronutrientes esenciales en el hígado. En la actualidad, el conocimiento en esta área es escaso y sin duda

alguna se necesita incrementar la investigación en este campo. Prasad y col. (12) discuten los aspectos clínicos y bioquímicos de la enfermedad de Wilson, la cual se caracteriza por un metabolismo anormal del cobre, e igualmente la cirrosis hepática.

No se puede recomendar la adición de elementos traza en la forma de compuestos químicos en los humanos, excepto como un procedimiento médico en caso de deficiencias claramente establecidas. Como se comentó anteriormente un exceso de elementos traza causa efectos tóxicos lo cual debe evitarse. Los efectos tóxicos podrían resultar de la adición directa de elementos traza a los alimentos (8).

El objetivo del presente trabajo fué el de seguirle la pista a elementos micronutrientes esenciales presentes en el trigo, harina, pan y las dos fracciones de la molienda del mismo; salvado y mogolla.

Se comprobó la conveniencia del método de Zook et al (1) para determinar elementos traza en dos variedades de trigo y sus productos por espectroscopía de absorción atómica.

MATERIALES Y METODOS

A. Origen de las muestras.

Las muestras fueron gentilmente suministradas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Como control se usó el trigo "Rojo Duro de Invierno" (HRW), de la especie de trigo *Triticum vulgare* o (trigo comun) variedad comercial recomendada por el ICA y usada en la elaboración del pan. Se comparó con el trigo ICA Samacá 68 (IS68), variedad desarrollada por el ICA; se escogió este trigo porque tanto el HRW como el IS68 producen harina granulosa.

El trigo IS68 fue sembrado en Tibaitatá, (temperatura 13°C. altitud 2.640 mts.), durante el primer semestre de 1971. Se usaron 400 kg./Ha. de fertilizante 10-30-10 (N-P-K) y el herbicida utilizado fue Premerge 8 lb./Ha.

Las diferentes operaciones que comprende la producción de harina de trigo son: limpieza, clasificación del grano, acondicionamiento o "temple", molienda y envejecimiento (14).

Con el objeto de caracterizar las fracciones de la molienda se llevó a cabo un análisis granulométrico (15). Para la elaboración del pan se usó la fórmula sugerida y empleada por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (ITT) en la preparación comercial del pan (16). Las distintas muestras se colocaron en bolsas de polietileno cerradas, tratando de dejar el menor contenido de aire. Una vez empacadas las muestras se almacenaron a temperatura ambiente (20°C), con excepción del pan que se guardó a 10°C .

B. Diseño Experimental.

Cada muestra fue considerada un experimento separado y cada serie (muestras de trigo, harina, salvado, molla y pan, con sus duplicados) se escogió al azar para efectuar las determinaciones.

El número de muestras (replicaciones) para cada determinación fue de cinco. Esto se hizo con el fin de analizar las muestras como un bloque completo "randomizado" (17).

C. Procedimientos Analíticos.

Se siguió el método dado por Zook y sus colaboradores (1). Se observaron todas las precauciones para el análisis de elementos traza.

Se determinó humedad (18) y se calcinó. Las cenizas de las muestras fueron extraídas con ácido clorhídrico diluido en un baño María durante 14 horas. El extracto fue filtrado y se agregaron sodio y estroncio (en vez de lantano) en cantidad constante, se llevó a volumen y se leyó en el espectrofotómetro de absorción atómica (modelo 303 Perkin Elmer), que se operó según las condiciones que aparecen en la Tabla I.

TABLA No. I
PARAMETROS USADOS PARA OPERAR EL ESPECTROFOTOMETRO
DE ABSORCION ATOMICA ^a

Elemento	Corriente de la lámpara ma.	Altura del quemador mm.	Longitud de onda m μ	Relación aire-acetileno ² lb./pulg.	Intervalo óptimo de análisis ppm.
Mn	18	0	280,2	5-6	2-20
Cu	16	0	325,0	6-6	2-20
Zn	16	0	214,0	5-6	0,2-3
Co	22	0	241,6	5,5-7,6	4,40
Mo	30	0	313,8	6-8	10-100

Elemento	Rendija	Ganancia	Respuesta
Mn	4	5,5	1
Cu	4	5,0	1
Zn	5	6,0	1
Co	3	7,5	2
Mo	3	6,0	2

a

Espectrofotómetro Perkin-Elmer equipado con lámparas de cátodo hueco de un solo elemento, quemador de una sola ranura de 10 cm. de largo y 1,6 mm de ancho, de canal doble.

Para las muestras patrón se prepararon soluciones de reserva de 500 ppm. a partir de éstas se prepararon 5-8 niveles de solución patrón.

Los resultados se expresan en miligramos por kilo de muestra en base seca (ppm).

D. Procedimientos Estadísticos.

1. Precisión del Espectrofotómetro

El error instrumental se determinó, para cada elemento, haciendo diez lecturas sucesivas de la misma muestra y calculando la desviación estandar de las lecturas en términos de absorbancia.

2. Cálculo de Errores

El error máximo que se puede cometer en cada determinación se calculó por propagación de errores individuales de acuerdo con los métodos corrientes (19), esto se hizo con el objeto de determinar el número de cifras significativas.

3. Cálculo de la Desviación Estandar e Intervalos de Confianza.

Se usó el rango para calcular la desviación estandar y los límites de confianza. Los límites de confianza son un criterio conveniente para el rechazo de datos extremos (20).

4. Análisis de Variancia.

Aunque en un principio se planeó un diseño de bloques (replicaciones) completo, el análisis de variancia se hizo sobre bloques incompletos ya que hubo que descartar resultados por estar fuera de los límites de confianza calculados.

El primer análisis de variancia (21) (con una sola variable) sirve para determinar si hay una diferencia significativa, en el contenido de cada elemento traza considerado, entre las fracciones de la molienda, el trigo y el pan. Si el resultado de este análisis es significativo, se lleva a cabo un ensayo de rango múltiple de Duncan (22) para estimar cuál fracción tiene el más alto contenido de elementos traza y cuál el menor.

El segundo análisis de variancia con dos variables: fracciones y variedades, tiene por objeto determinar si hay una diferencia significativa, en el contenido (ppm) de cada elemento traza, entre las dos variedades estudiadas (22).

DISCUSION DE RESULTADOS

Los datos obtenidos en la determinación del contenido de minerales de las muestras analizadas se presentan en la Tabla II

Los resultados de los análisis de variancia considerando una variable se presentan en la Tabla III

Los análisis de rango múltiple de Duncan se hicieron a partir de los datos del análisis de variancia con una sola variable. Los resultados aparecen en la Tabla IV.

Los resultados de los análisis de variancia considerando dos variables se presentan en la Tabla V.

En la Tabla VI se presentan los datos del contenido de los minerales en las fracciones de la molienda y en el pan en relación con el del trigo original.

TABLA No. II

CONTENIDO DE MINERALES ESENCIALES EN DOS VARIEDADES DE TRIGO, LAS HARINAS, SALVADO Y MOGOLLA OBTENIDOS DE LA MOLIENDA Y EL PAN PREPARADO DE LAS HARINAS ^a

HRW ppm.	Trigo	Harina	Salvado	Mogolla	Pan
Mn	36,93 ⁺¹ ,47	4,19 ^{±0} ,39	121,54 ⁺⁷ ,43	72,87 ⁺³ ,32	2,98 ^{±0} ,58
Cu	10,84 ^{±2} ,81	6,36 ^{±1} ,74	19,89 ^{±1} ,53	16,28 ^{±1} ,04	5,06 ^{±1} ,54
Zn	29,69 ^{±8} ,31	7,93 ^{±1} ,43	80,08 ^{±2} ,49	53,49 ^{±9} ,16	10,78 ^{±5} ,86
Co	0,029 ^{±0} ,014	0,018 ^{±0} ,005	0,020 ^{±0} ,007	0,018 ^{±0} ,009	0,024 ^{±0} ,009
Mo	0,960 ^{±0} ,310	0,699 ^{±0} ,071	1,850 ^{±0} ,154	1,111 ^{±0} ,374	1,081 ^{±0} ,275
IS68	50,20 ⁺⁴³⁹	5,93 ^{±0} ,34	224,84 ⁺¹⁴ ,28	136,04 ⁺⁷ ,56	4,76 ^{±0} ,33
Cu	14,92 ⁺⁴⁸⁶	5,97 ^{±0} ,86	21,19 ^{±0} ,96	19,32 ^{±1} ,27	6,84 ⁻¹ ,68
Zn	87,91-833	18,18 ^{±0} ,72	263,68 ⁺¹⁷ ,95	180,68 ⁺⁹ ,62	13,63 ^{±5} ,02
Co	0,045 ^{±0} ,053	0,010 ^{±0} ,005	0,077 ^{±0} ,053	0,070 ^{±0} ,008	0,033 ^{±0} ,017
Mo	1,307 ^{±0} ,425	0,610 ^{±0} ,229	1,917 ^{±0} ,307	1,651 ⁻⁰ ,115	1,406 ^{±0} ,249

^a Promedio y desviación estandar, en base seca.
Desviación estandar calculada a partir del rango.

TABLA No.III

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIAN
CIA (UNA VARIABLE)
VALORES F

	Mn	Cu	Zn	Mo	Co
HRW	824,39**	82,41**	159,22**	14,38**	0,42
IS68	942,01**	49,48**	615,40**	19,12**	3,81*

TABLA No.IV

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RANGO
MÚLTIPLE DE DUNCAN

	P	M	T	M	S
Mn HRW	_____				
IS68	_____				
Cu HRW	_____				
IS68	_____			_____	
Zn HRW	_____	_____			
IS68					
	F	T	F	M	S
Mo HRW			_____		
IS68		_____	_____	_____	
Co HRW	No dif. sig. entre fracciones				
	F	P	T	M	S
IS68	_____				

_____ No hay diferencia significativa.

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente significativa

TABLA No. V

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA (DOS
VARIABLES)
VALORES F.

	Mn	Cu	Zn	Mo	Co
Variedades	50,09**	12,60**	35,22**	11,559**	10,00**
Fracciones	180,67**	115,35**	23,20**	29,322**	3,33 *
Int. (VxF)	8,83**	0,90	9,22**	1,593	3,33 *

* Diferencia significativa

** Diferencia altamente significativa

Int. (VxF) = Interacción (Variedades x Fracciones).

TABLA No VI

PORCENTAJE DE ELEMENTOS TRAZA PRESENTES
EN LA HARINA, SALVADO, MOGOLLA Y PAN EN RE-
LACION CON EL CONTENIDO PROMEDIO DE MINE-
RALES EN EL TRICO INICIAL.

HRW	%	Harina	Salvado	Mogolla	Pan
	Mn	11,34	329,11	197,32	8,07
	Cu	58,67	183,49	150,18	46,68
	Zn	26,71	269,72	180,16	36,31
	Co	62,07	68,96	62,07	82,76
	Mo	72,81	192,71	115,73	112,60
IS68	Mn	11,81	447,99	269,00	9,48
	Cu	40,01	142,02	129,49	45,84
	Zn	20,68	299,94	205,53	15,50
	Co	22,22	171,11	155,55	73,33
	Mo	46,67	146,67	126,32	107,57

El primer análisis de variancia dió una diferencia altamente significativa entre las diferentes fracciones que se identificaron por T, H, S, M, P, en el contenido de manganeso, cobre, zinc y molibdeno en las dos variedades consideradas (HRW, IS68), y una diferencia significativa en el contenido de cobalto en la variedad IS68 entre las diferentes fracciones (Tabla No. III)

No se encontró una diferencia significativa en el contenido de cobalto de la variedad HRW entre las fracciones analizadas.

Según el análisis del rango múltiple de Duncan (Tabla No. IV) el contenido promedio de manganeso y zinc en el salvado es significativamente mayor en las dos variedades estudiadas. La concentración de cobre y molibdeno en el salvado de la variedad HRW es significativamente superior a la de las otras fracciones.

Las fracciones de salvado y mogolla en la variedad IS68 dieron un contenido igualmente alto en cobre, molibdeno y cobalto.

El contenido de manganeso y cobre fue significativamente más bajo en el pan y la harina de las dos variedades, siendo también más bajo el contenido de zinc en la variedad HRW y el cobalto en la variedad IS68.

La harina tuvo el contenido más bajo de molibdeno en ambas variedades.

El contenido de zinc en pan de la variedad IS68 fue el menor.

El contenido de molibdeno en el pan es mayor que en la harina de la cual se preparó, esto es de esperar debido a la contribución de minerales de la sal, azúcar, levadura, grasa y agua.

Al comparar, en ambas variedades, (Tabla No. VI) los resultados promedio del contenido de minerales en el trigo con el de las fracciones de la molienda y pan, se puede observar que se pierden los elementos traza en el paso del trigo a la harina y al pan; en cambio se concentran en el salvado y la mogolla.

El segundo análisis de variancia (Tabla No. V) dió una

diferencia altamente significativa entre las distintas fracciones, comprobando los resultados del primer análisis de variancia, y además dió una diferencia altamente significativa en el contenido de manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cobalto entre las dos variedades estudiadas. La variedad IS68 contiene una mayor cantidad de todos los elementos traza esenciales estudiados, siendo también superior su contenido que el reportado por otros investigadores que trabajaron en muestras americanas y francesas de diferente áreas geográficas (1, 2, 3, 4).

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS POSTERIORES

Los resultados sugieren que algunas de las fracciones comerciales de la molienda, tales como el salvado y la moggolla, las cuales son obtenidas del trigo en altas proporciones, podrían servir como fuente de nutrientes minerales.

Otro procedimiento para suministrar elementos trazas sería empleando los nuevos agentes emulsificantes que permiten el uso en el pan de cantidades sustanciales de ingredientes diferentes del trigo. Dichos ingredientes se pueden escoger con el fin de obtener cantidades significativas de elementos trazas que se presentan naturalmente, en esos materiales como en el caso de la harina de maní (7).

Desafortunadamente, se conoce muy poco sobre la forma en que los elementos traza están en el trigo. También se conoce muy poco acerca de su disponibilidad cuando se consume en la forma de productos de pastelería. Por lo tanto todavía no se puede proponer que se adicionen, por ejemplo, sales inorgánicas de los elementos traza a la harina.

Sería aconsejable enriquecer el pan con salvado, ya que como se observó se pierden los elementos traza en el paso del trigo a la harina y al pan.

BIBLIOGRAFIA

1. ZOOK, E.G., GREENE, F.E., and MORRIS E.R. Nutrient Composition of Selected Wheats and Wheat Products. VI. Distribution of Manganese, Copper, Nickel, Zinc, Manganese, Lead, Tin, Cadmium, Chromium, and Selenium as determined by Atomic absorption spectroscopy and colorimetry. *Cereal Chemistry* 47, 720-731 (1970).
2. CZERNIEJEWSKI C.P., SHANK C.W., BECHTEL W.G., and BRADLEY W.B. The Minerals of Wheat, Flour, and bread. *Cereal Chemistry* 41, 65-72 (1964).
3. WAGGLE, D.H., LAMBERT, M.A., MILLER, G.D., FARRELL, E.P., and DEYOE, C.W. Extensive Analysis of Flours and Millfeeds made from nine Different Wheat Mixes.
II. Aminoacids, minerals, vitamins, and gross energy. *Cereal Chemistry* 44, 48 (1967).
4. GUEGUEN L. Communication personnelle, 1969. Tomado de Composition et valeur nutritive du grain de blé. Extrait du Bulletin Technique d'Information No. 244 Oct-Nov (1969).
5. LI T.K. and VALLEE B.L. The Biochemical and Nutritional role of trace elements. *Modern Nutrition in Health and Disease* 4th Ed. p.377 (1968). Tomado de *The American Journal of Clinical Nutrition* 23, 58 (1970).
6. UNDERWOOD E.J. Trace elements in human and animal nutrition 2nd Ed. (1962) Tomado de *The American Journal of Clinical Nutrition* 23; 58 (1970).

7. PRASAD A.S., OBERLEAS D., and REJASEKARAN G. Essential Micronutrient Elements. The American Journal of Clinical Nutrition 23; 581-591 (1970).
8. Newsletter of the League for International Food Education. Oct. 1970. Editor WEISBERG S.M.
9. Proceedings 27th Semi-Annual Meeting. Nutrition Council. Nov. 27-28 p. 12 (1967).
10. OBERLEAS D., and PRASAD A.S. Adequacy of trace minerals in bovine milk for human consumption. The American Journal of Clinical Nutrition 22; 196 (1969).
11. SCHROEDER H.A. Biological trace elements or peripatetics through the periodic Table. J. Chronic Diseases 18; 217 (1965). Tomado de The American Journal of Clinical Nutrition 22; 196 (1969).
12. PRICE N.O., BRUCE G.E., and ENGEL R.W. Co, Mn, and Zn balance in preadolescent girls. The American Journal of Clinical Nutrition 23; 258-260 (1970).
13. PRASAD A.S., OBERLEAS D. and RAJASEKARAN G. Essential Micronutrient Elements. The American Journal of Clinical Nutrition 23; 57 (1970).
14. KIRK R.E., OTHMER D.F. Enciclopedia de Tecnología Química 4; 311 (1962).
15. POMERAZ Y. American Association of Cereal Chemistry 3^a Ed. (1971).
16. Proyecto Interpan. Programa de colaboración técnica Holanda-Colombia. IIT.

17. INKPEN J.A., and QUACKENBUSH F.W. Extractable and "bound" fatty acids in wheat and wheat products. *Cereal Chemistry* 46; 580 (1969)
18. Official Methods of Analysis of The Association of Official Agricultural Chemists. P, 158 (1960).
19. DANIELS F. y col. Experimental Physical Chemistry 7th Ed, pg. 435 (1970) MC. GRAW-HILL. Co.
20. DEAN R. B. and DIXON W. J. Simplified Statistics for Small Numbers of Observations. *Analytical Chemistry* 23; 636 (1951).
21. DIXON W. J. And MASSEY F. J. Introduction to statistical Analysis 2nd Ed. pg. 149 (1957) Mc. Graw-Hill Co. Inc.
22. AMERINE M. A. , PANGBORN R. M. , and ROESSLER E. B. Principles of Sensory Evaluation of Food pg. 455 (1965). Academic Press N. Y.